

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
CAMPUS LOS ÁNGELES
ESCUELA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA VEGETAL



**ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES
TECNOLÓGICOS EN UNA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE
SUSTANCIAS PELIGROSAS DE UN ASERRADERO DE LA
PROVINCIA DEL BIOBÍO**

**SEMINARIO DE TITULACIÓN PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
EN PREVENCIÓN DE RIESGOS**

PROFESOR GUÍA: ADRIÁN SILVA FERNÁNDEZ

Magíster en Gestión Integrada: Medio Ambiente, Riesgos Laborales y
Responsabilidad Social Empresarial

KARYN PAOLA RIVERA SANHUEZA

LOS ÁNGELES – CHILE

2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, que siempre estuvo conmigo apoyándome y jamás perdieron la fe en mí, gracias a ellos soy la mujer que soy hoy en día.

A mi padre por sus consejos y apoyo incondicional en cada momento de mi vida, gracias por estar siempre a mi lado, este título y sacrificio de mi parte está dedicado a ti, a mi hermosa madre y mi hermana. A mi madre por ser tan preocupada y atenta, por estar siempre que la necesite y ayudarme con todo durante los años de universidad y a mi pequeña hermana, que es una alegría en mi vida y siempre me impulso a superarme.

Quiero agradecer a Diego Poblete, por brindarme su apoyo cuando más lo necesite, sin sus palabras de ánimo, no podría haberme levantado cada día con ganas de superar las adversidades. Estaré eternamente agradecida, llegaste en el momento más indicado a mi vida y me hiciste muy feliz cada día, eso jamás lo olvidaré.

A mi querida amiga Laura Oliva, compañera de aventuras y estudio, sin todo lo que pasamos los años de universidad y fuera de ella, no seríamos tan unidas, espero que siempre estemos juntas futura colega.

Quiero agradecer a mi profesor guía, el señor Adrián Silva, por orientarme cada vez que necesité su ayuda y juntos lograr terminar este estudio. Y también, a Iván Garrido, que siempre estuvo dispuesto a ayudarme y que, sin él, esta tesis habría sido mucho más difícil, gracias totales.

Y, por último, un infinito agradecimiento al gerente de la planta y su departamento de prevención, sin su ayuda y buena disposición este estudio no podría haberse realizado, es el mejor equipo de trabajo que he conocido.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1 Tipo de estudio	7
2.2 Área de estudio.....	7
2.3 Criterios de inclusión.....	7
2.4 Metodología de trabajo	7
2.5 Verificación de estándares según la normativa legal.....	8
2.6 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos FIRSSO.....	8
2.7 Análisis de consecuencias	9
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
3.1 Ubicación espacial y localidad de la planta.	13
3.2 Ubicación de la Bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas respecto a otras instalaciones en la planta.....	14
3.3 Características constructivas, dimensiones y separaciones de la bodega de sustancias peligrosas.....	15
3.3.1 Características constructivas.....	15
3.3.2 Dimensiones y separaciones.....	15
3.4 Distribución interna de las sustancias peligrosas y cantidades.	16
3.5 Número de trabajadores y turnos	18
3.6.1 Accesos.....	18
3.6.2 Sistemas de control o detección de incendios	18
3.7 Cumplimiento Decreto Supremo N° 43: Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.	19
3.8 Eventos peligrosos según metodología FIRSSO.....	20
3.9 Análisis de consecuencias utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.....	22
3.10 Análisis de consecuencias utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.....	24

3.11 Análisis de consecuencias utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.....	25
3.12 NTP 292 Límites Inmediatamente peligroso para la vida y la salud (IPVS o IDLH).....	27
3.13 NTP 329: Modelos de dispersión de gases y /o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas.....	29
3.14 NTP 321: Explosiones de nubes de vapor no confinadas: evaluación de la sobrepresión	30
4. CONCLUSIONES	33
5. REFERENCIAS.....	35
6. ANEXOS.....	39



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Carta Gantt.....	39
Anexo 2. Formato Lista de Verificación.....	40
Anexo 3. Elementos para determinación de FIRSSO: Índice de frecuencia, Índice de severidad e Índice de control.....	83
Anexo 4. NTP 329: Modelos de dispersión de gases y /o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas.....	86
Anexo 5. NTP 321: Explosiones de nubes de vapor no confinadas: evaluación de la sobrepresión	94
Anexo 6. Plano de bodegas de sustancias peligrosas.....	97
Anexo 7. Plano de distribución interna de las sustancias peligrosas.....	98
Anexo 8. Plano accesos a bodega de almacenamiento de sustancia.....	99
Anexo 9. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos FIRSSO.....	100
Anexo 10. Análisis de consecuencias para la bodega de productos químicos utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.....	110
Anexo 11. Análisis de consecuencias para la bodega de lubricantes utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.....	121
Anexo 12. Análisis de consecuencias para la bodega de gas inflamable utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.....	132
Anexo 13. Respuesta de la Secretaría Regional Ministerial, el 28 de diciembre del 2016.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factor de Importancia Relativa de Seguridad y Salud Ocupacional FIRSSO.....	9
Tabla 2. Áreas de la planta en estudio.....	14
Tabla 3. Distancias de áreas cercanas a la bodega.....	14
Tabla 4. Dimensiones y superficies de la bodega.....	16
Tabla 5. Cantidad de sustancias almacenadas en bodega.....	16
Tabla 6. Clases o división de peligros de sustancias peligrosas.....	18
Tabla 7. Eventos peligrosos identificados en cada bodega y su FIRSSO.....	21
Tabla 8. Radiación térmica recibida en posición vertical y horizontal en caso de incendio en bodega de productos químicos.....	23
Tabla 9. Radiación térmica recibida en posición vertical y horizontal en caso de incendio en bodega de lubricantes.....	25
Tabla 10. Radiación térmica recibida en posición vertical y horizontal en caso de incendio en la bodega de gas inflamable.....	26
Tabla 11. Límites de exposición ocupacional o límites inmediatamente peligrosos para la vida y salud humana para las bodegas de sustancias peligrosas.....	27
Tabla 12. Concentración en partículas por millón de contaminantes día y noche según estabilidad atmosférica.....	29
Tabla 13. Datos para determinar la sobrepresión.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Determinación de la intensidad de irradiación.....	10
Figura 2. Vista aérea del aserradero.....	13
Figura 3. Porcentaje de artículos que se aplican a las bodegas.....	19
Figura 4. Celosías obstruidas.....	20
Figura 5. Eventos peligrosos identificados en matriz FIRSSO.....	20



RESUMEN

El estudio, tuvo como objetivo realizar un análisis de consecuencias para determinar el impacto que puede generar sobre los trabajadores un accidente tecnológico en la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas en un aserradero de la provincia del Biobío. La metodología consistió de dos etapas: en la primera etapa se trabajó en la obtención de información a través de visitas en terreno, y en la segunda etapa, se realizó el análisis de consecuencias a través de tres pasos, primero una verificación de estándares según el Decreto Supremo N°43, luego se elaboró una matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos; y por último, se utilizaron modelos de análisis de consecuencias en el caso de que se produjeran accidentes tecnológicos.

Tras el estudio, se pudo establecer el nivel de cumplimiento legal, el cual fue de un 98% de los requisitos estipulados en el D.S N°43, luego se identificaron los principales peligros y se determinaron los riesgos, para establecer cuáles eran los accidentes potenciales que pueden ocurrir en la bodega de sustancias peligrosas, los cuales fueron principalmente: fugas, incendios y explosiones. Con los datos anteriormente estudiados, se realizó el estudio de análisis de consecuencia de accidentes tecnológicos de sustancias peligrosas, el que concluyó lo siguiente: en cuanto a la radiación térmica emitida por un incendio, no existe un peligro para los trabajadores que se encuentren cerca de las instalaciones de la bodega; de acuerdo al análisis de dispersión de gases, existiría riesgo para los trabajadores en caso de una fuga de gas licuado GLP en una noche de invierno o verano, con estabilidad atmosférica E y F; y por último, el análisis de sobrepresión determinó que no existiría riesgo para los trabajadores en un evento con características de explosión. Tras todos los análisis correspondientes, se determinó medidas para reducción del riesgo, solo en el caso de ser necesario.

Palabras clave: Análisis de Consecuencias, accidentes tecnológicos, sustancias peligrosas, bodegas de almacenamiento.

1. INTRODUCCIÓN

La Región del Biobío es catalogada como la capital forestal de Chile, dicho sector se ha destacado durante los últimos años como uno de los más importantes de la economía chilena, y ha experimentado un acelerado proceso de desarrollo, generando más y mejores empleos, fortaleciendo la dinámica económica del país y convirtiéndose en el segundo sector exportador después de la minería (Innovum Fundación Chile, 2015).

El sector forestal produce una gama variada de productos derivados de las fibras vegetales y madera de uso cotidiano, la cadena comienza en primer lugar, con la propagación y cuidado de las plantas, lo que se conoce como Silvicultura. Posterior a esto, vienen las faenas en bosque, lo que es realizado por las empresas “Forestales” propiamente tal, en donde se concentran todas las actividades relacionadas con el árbol mismo, hasta su cosecha y posterior transporte a plantas de aserradero, donde se obtienen productos de madera terminados o productos intermedios que se terminarán en las llamadas Remanufacturas, plantas en donde se les da una mayor terminación a las maderas producidas en aserraderos (Durán y Kremerman, 2007).

La industria del aserrío se caracteriza por ser de tipo heterogénea, existiendo diversidad en las formas de las instalaciones, tamaños y niveles de producción, máquinas, productos, personal y tipo de organización (Aguilar y Sanhueza, 2003). En la actividad de aserrío, existen distintos tipos de procesos, en los cuales se hace necesaria la utilización de sustancias químicas para transformar la materia prima y lograr obtener los productos finales, siendo algunas de estas sustancias clasificadas como peligrosas, por lo que precisan de ser transportadas, almacenadas y manipuladas con suma precaución en las plantas forestales (Branes, 2015). Estas sustancias, además de implicar riesgos por sí mismas, pueden producir reacciones dañinas si están en contacto con otros productos (García, 1996).

Dentro de este marco, es necesario realizar una eficaz gestión en materia de cómo se almacenan las sustancias peligrosas, siendo ésta una de las prioridades para mantener y controlar los estándares de seguridad, y así evitar que se produzca un evento que puede desencadenar en un accidente tecnológico (Praus, 2000). Un accidente tecnológico se define como un evento imprevisto e indeseado que interrumpe la actividad normal de un sistema o proceso, generando consecuencias negativas a las personas, los materiales, el ambiente y a la economía. Este evento se puede presentar en forma de fugas, derrames, incendios, explosiones o la combinación de ellos (Alcántara y Ramírez, 2012), pudiendo provocar heridos por quemaduras o lesiones por inhalación, como también la muerte. Otro efecto que trae consigo es la necesidad de evacuación de un número importante de personas, produciendo graves afectaciones económicas, contaminando objetos, personas o territorios y que requieran de acciones de emergencia mediante procedimientos normales o especiales (Infomed Red de Salud de Cuba, 2009). Es así también, como la ocurrencia de un accidente tecnológico, puede desencadenar el accionar de un procedimiento asociado a un accidente grave o fatal, como lo estipula la Circular N° 2.345, que “Imparte instrucciones respecto de las obligaciones impuestas a las empresas por los incisos cuarto y quinto del artículo 76 de la Ley N° 16.744, en virtud de lo establecido en la Ley N° 20.123”. De acuerdo a lo anterior, se considera accidente del trabajo grave, aquel que involucre un número tal de trabajadores que afecte el desarrollo normal de la faena afectada. En caso de que ocurra el evento anterior, señala que se debe proceder a una paralización de las faenas afectadas, pudiendo incluso abarcar la faena en su conjunto, dependiendo de las características y origen del siniestro, y en la cual, de no adoptar la empresa medidas correctivas inmediatas, se pone en peligro la vida o salud de otros trabajadores (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2007).

Dentro de este contexto, el artículo 184 del Código del Trabajo establece que “El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger

eficazmente la vida y salud de los trabajadores, informando de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales”. Debido a esto, se han creado medidas para regular la manipulación y almacenamiento de sustancias peligrosas.

En Chile, para la regulación de aspectos relacionados con el almacenamiento de sustancias peligrosas, rige actualmente el Decreto Supremo N° 43/16 del Ministerio de Salud, el cual “Aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas”, estableciendo las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento de éstas. El Reglamento define a las sustancias peligrosas o productos peligrosos, como aquellas que puedan significar un riesgo para la salud, la seguridad o el bienestar de los seres humanos y animales, siendo aquellas clasificadas en la Norma Chilena N° 382 Of. 2013 “Clasificación General de las Sustancias Peligrosas” y en las Clases estipuladas en la Norma Chilena 2120 Of. 2004, “Clases de Peligrosidad de las Sustancias Peligrosas”. Dentro de los requisitos de este Decreto, se estipula que las sustancias peligrosas solamente podrán almacenarse en los lugares especiales, de acuerdo con su cantidad, clase y división de peligrosidad, estableciendo un marco regulatorio para las condiciones de almacenamiento a nivel nacional. Asimismo, hace mención de la obligatoriedad de realizar un estudio de análisis de consecuencias de accidentes tecnológicos para las bodegas que almacenan sustancias peligrosas, exclusivas o no, ya sean existentes a la fecha de entrada en vigencia del reglamento o nuevas, que requieran almacenar una cantidad mayor a las máximas establecidas para cada bodega estipuladas en el Decreto (D. S. N° 43, 2016). De acuerdo a lo anterior, también existe la posibilidad de realizar un análisis de forma voluntaria, con el fin de realizar planes de emergencias o medidas de control ingenieril en el caso de ser necesario (Infomed Red de Salud de Cuba, 2009).

Un análisis de consecuencia, se define como la evaluación cuantitativa de variables físicas, tales como radiación, sobrepresión, concentración de contaminantes producto de un accidente tecnológico, donde intervienen sustancias peligrosas y sus posibles efectos sobre las personas, medioambiente y bienes, con el fin de estimar la naturaleza y magnitud del daño. En general, un análisis de consecuencias debe estudiar los diferentes tipos de accidentes potenciales en los lugares en que se almacenen las sustancias (Seremi de Salud, 2000). Según la norma, el objetivo principal de un análisis de consecuencia de accidentes tecnológicos, es demostrar que los límites del sitio o propiedad no superen los parámetros estipulados de: Radiación térmica, umbral límite inmediatamente peligroso para la vida y la salud humana y, por último, no se superen los milibares especificados en caso de un accidente mecánico (D. S. N° 43, 2016).

Todos los procesos industriales suponen un riesgo con potencial catastrófico. El riesgo existe, y ya que éste no puede ser eliminado del todo, lo que se debe hacer en primer lugar, es reducirlo mediante un correcto diseño de las plantas industriales y aplicando las medidas de seguridad correspondientes en cada paso del proceso industrial (Castro y Arcos 1998).

Sobre las ideas antes expuestas, se plantea que la ocurrencia de un accidente tecnológico en la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas del aserradero, podría generar consecuencias que afectarán el bien estar físico de los trabajadores.

El objetivo general de este estudio fue realizar un análisis de consecuencias, para determinar el impacto que puede generar sobre los trabajadores un accidente tecnológico en la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas de un aserradero en la provincia del Biobío. Como objetivos específicos se propusieron i) Describir las características de la bodega en cuanto a su construcción, y entorno, distribución interna de sustancias peligrosas y especificar sistemas de detección de incendios; ii) Verificar el cumplimiento legal bajo los criterios del

Decreto Supremo N° 43 Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas; iii) Identificar peligros provenientes de las sustancias peligrosas almacenadas y evaluar sus riesgos en base a FIRSSO; iv) Determinar las condiciones de radiación térmica, umbral del límite inmediatamente peligroso y ondas de presión en el caso de un accidente mecánico; v) Proponer medidas de reducción de riesgos en la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas en el caso de ser necesarias.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de estudio

La siguiente investigación correspondió a un estudio de diseño no experimental, de corte transversal, descriptivo, predictivo y de campo.

2.2 Área de estudio

La recopilación de información para este estudio se realizó en una bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas ubicada dentro de un aserradero en la provincia del Biobío, Región del Biobío, Chile.

La bodega en estudio se divide en zonas destinadas al almacenamiento de distintas sustancias químicas consideradas peligrosas. Las zonas mencionadas corresponden a:

- Bodega de productos químicos
- Bodega de lubricantes
- Zona trasvasije
- Bodega gas inflamable
- Bodega oxígeno
- Bodega gas no inflamable

2.3 Criterios de inclusión

Dentro del análisis que se realizó a la bodega, se consideraron las sustancias que posean características de peligrosidad, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo 43/16 del Ministerio de Salud, el cual Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas, señalando aquellas sustancias peligrosas a las cuales se les puede realizar un análisis de consecuencia.

2.4 Metodología de trabajo

Como primera etapa se realizó la obtención de información a través de visitas en terreno acordadas con el Departamento de Prevención de Riesgos de la empresa en estudio. Esta información se basó principalmente en documentos que

indicaban las características constructivas, distribución interna de sustancias peligrosas, entorno de la bodega y sistemas de control de detección de emergencias. Dicha recopilación de información quedó registrada en una carta Gantt (Anexo 1).

En la segunda etapa, se realizó el análisis de consecuencias a través de tres instrumentos principales:

- Verificación de estándares según la normativa legal.
- Matriz de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles FIRSSO (Factor de Importancia Relativa de Seguridad y Salud Ocupacional).
- Modelos de Análisis de Consecuencias.

2.5 Verificación de estándares según la normativa legal

Para la verificación de los estándares según la normativa legal, se realizó una lista de verificación que fue elaborada en base al Decreto Supremo N° 43 “Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas”, con el fin de determinar si las características de la bodega cumplían con los requerimientos básicos con respecto a los estándares establecidos en el decreto antes mencionado (Anexo 2).

2.6 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos FIRSSO

Para esta etapa, se realizó una “identificación de peligros”, proceso mediante el cual se reconoce si existen peligros en la bodega y se definen sus características. Luego, una “evaluación de riesgos”, la cual se realizó a través de la determinación del Factor de Importancia Relativa de Seguridad y Salud Ocupacional FIRSSO, por medio de 3 elementos: la probabilidad de ocurrencia del evento peligrosos (IF), el índice de control (IC) el que corresponde a medidas de control que ha tomado la empresa y la severidad de las consecuencias (IS).

FIRSSO se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{FIRSSO} = \text{IF} + \text{IS} - \text{IC}$$

Para la estimación de los Índices de Frecuencia, Control y Severidad: IF, IS, e IC, se utilizan tablas de expresión intuitiva (Anexo 3), obteniéndose el nivel de riesgo que puede tomar el Factor de importancia relativa de seguridad y salud ocupacional FIRSSO (Tabla 1):

Tabla 1. Factor de Importancia Relativa de Seguridad y Salud Ocupacional FIRSSO.

FIRSSO	NIVEL DE RIESGO
Hasta cero	Muy bajo
Hasta 3	Moderado
Hasta 4	Alto
Hasta 6	Muy alto
Sobre 6	Pérdida total

2.7 Análisis de consecuencias

Luego de identificar y evaluar los riesgos que se pueden presentar en la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas, se procedió a realizar un análisis de consecuencias, de modo de obtener las estimaciones de la magnitud y naturaleza del daño, en caso de un accidente tecnológico. Respecto a lo anterior, se utilizaron las metodologías señaladas en el Decreto Supremo N° 78 (cuerpo legal previo a la entrada en vigencia DS 43/16 MINSAL), ya que los modelos que estipula el Decreto Supremos N°43 aún no se han publicado.

La metodología según el Decreto Supremo N°78, especifica que los análisis de consecuencias deben basarse en las normas NTP del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.

Las NTP propuestas a utilizar son:

i) NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases

Este documento estudia la irradiación térmica de incendios estacionarios, a través de una metodología que se basó en un incendio de base rectangular situada sobre el nivel del suelo (Figura 1).

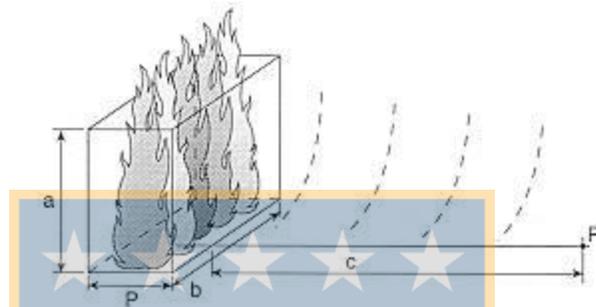


Figura 1. Determinación de la intensidad de irradiación.

Siendo:

a = Altura de la llama, p = Ancho de la bodega, b = Largo de la bodega, P = Distancia a la cual se desea determinar la cantidad de irradiación.

La determinación de la intensidad de irradiación por unidad de superficie que se recibe en un punto P situado a una distancia c del incendio, puede estimarse mediante la ecuación:

$$q = d \times F \times E$$

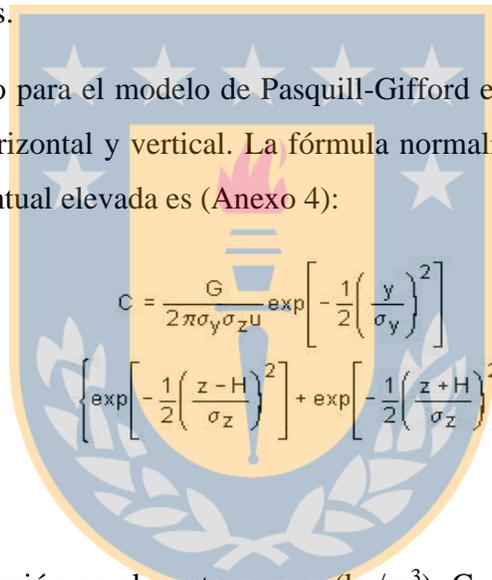
Siendo:

q = Intensidad de irradiación a una distancia determinada (kW/m^2), d = Coeficiente de transmisión atmosférica (adimensional), F = Factor geométrico de visión, de vista o de forma (adimensional), E = Intensidad media de radiación de la llama kW/m^2).

ii) NTP 329: Modelos de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas.

En la presente Nota Técnica se ilustra la aplicación de un modelo de dispersión (Pasquill-Gifford). Este modelo describe el comportamiento de los gases/vapores de fuerza ascensional neutra, dispersados en la dirección del viento y arrastrados a la misma velocidad. La mayoría de los incidentes por escape empiezan con una descarga de un producto peligroso desde su contenedor normal. Estos incidentes se pueden originar por orificios o roturas de recipientes de proceso, por juntas de unión en bridas, o por válvulas y venteos de emergencia, por destacar las causas más frecuentes.

El fundamento para el modelo de Pasquill-Gifford es una dispersión gaussiana en los ejes horizontal y vertical. La fórmula normalizada para la dispersión de una fuente puntual elevada es (Anexo 4):


$$C = \frac{G}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (1)$$

Siendo,

C = Concentración en el punto x, y, z (kg/m³), G = Intensidad de la emisión (kg/s), H = Altura de la fuente emisora sobre el nivel del suelo más la elevación del penacho (m), σ_y, σ_z = Coeficientes de dispersión (m), u = Velocidad del viento (m/s).

iii) NTP 292: Concentración "inmediatamente peligrosa para la vida o la salud".

Esta norma técnica establece el límite Inmediatamente Peligroso para la Vida y Salud humana (IPVS), el cual representa la concentración máxima expresada en ppm o en mg/m³ a la cual, en caso de fallo o inexistencia de equipo respiratorio,

se podría escapar en un plazo de 30 minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud.

Los límites que se presentan en la NTP 292 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, están dados por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Ya que no todas las sustancias están incorporadas en este listado, se utilizaron otras fuentes que establecen los límites de exposición ocupacional a agentes contaminantes, estas instituciones son de Estados Unidos y han establecido valores límites para contaminantes químicos en el ambiente de trabajo: la "Occupational Safety and Health Administration" (OSHA), el "National Institute for Occupational Safety and Health" (NIOSH) y la antes mencionada "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH), también se utilizaron datos obtenidos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y los Límites permisibles (LPP, LPT o LPA), que se mencionan en el Decreto Supremo 594 del Ministerio de Salud.

La mayor parte de las sustancias de las bodegas son mezclas, por lo tanto, existen límites de su exposición que no se encuentran en la NTP, pero sí están dados los límites para algunos de sus componentes. Por lo cual, para las sustancias que no se encontraron en el listado de los límites IPVS, se especificaron entre paréntesis su concentración más peligrosa y se dieron los valores límite de ese componente.

iv) NTP 321: Explosiones de nubes de vapor no confinadas: evaluación de la sobrepresión.

Esta norma presenta la metodología para evaluar las sobrepresiones generadas en el caso de escape de una sustancia inflamable (líquido volátil, gas o gas licuado), el cual puede originar una nube de considerables dimensiones, con gran probabilidad de encenderse con cualquiera de los diversos focos de ignición presentes en toda planta industrial, produciendo una deflagración o un incendio rápido que afectará a personas e instalaciones dentro de su radio de acción (Anexo 5).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Ubicación espacial y localidad de la planta.

El emplazamiento se encuentra ubicado específicamente a un costado de la ruta Panamericana 5 Sur, a 38 km al norte de la ciudad de Los Ángeles, Región del Biobío. La principal justificación de la ubicación de la planta es la cercanía a zonas forestales, además del rápido y expedito acceso a la carretera y estar distante de zonas urbanas pobladas. En el sector noroeste se encuentra una empresa co-generadora de energía, al noreste un bosque de pino radiata y al sur la ruta Q-90 que conecta con la ruta panamericana 5 sur. No existe comunidad aledaña al lugar, pero sí existen casas de lugareños ubicadas a 1,27 km, 1,22 km y a 0,19 km al norte las plantaciones de pino radiata (Figura 2).



Figura 2. Vista aérea del aserradero.

De acuerdo a la información obtenida en cuanto a la ubicación del aserradero, este se encuentra en un lugar óptimo para su desarrollo y se considera un eslabón fundamental, ya que mejora el nivel económico de la comunidad aledaña.

A continuación, se detalla en la Tabla 2, la localización y nombre específico de cada área señalada en la figura anterior.

Tabla 2. Áreas de la planta en estudio.

N°	Área	N°	Área
1	Planta de Tratamiento de aguas, Recinto contratista, Portería de la planta	7	Aserradero
2	Sub estación eléctrica	8	Patio de madera verde
3	Descarga de trozos	9	Galpón de estilado
4	Cancha de trozos	10	Cámaras de secado de madera
5	Clasificador de trozos	11	Bodega de Almacenamiento de sustancias peligrosas
6	Planta co-generadora de energía	12	Bosque de pino

3.2 Ubicación de la Bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas respecto a otras instalaciones en la planta.

En la Tabla 3, se encuentran las distancias de otras instalaciones respecto a la bodega de sustancias peligrosas.

Tabla 3. Distancias de áreas cercanas a la bodega.

Áreas cercanas a la bodega	Distancia (m)
Acopio de aserrín (oeste)	21,4
Plantación de pino radiata (norte)	51,2
Empresa de biomasa	75,0
Descortezado	28,0
Canchas de trozas	52,9
Bodega de repuestos	5,3
Bodega de sustancias peligrosas (pequeñas cantidades)	3,0
Bodega de acopio temporal de residuos peligrosos	8,4
Bodega de paño de empresas de servicio	2,2

3.3 Características constructivas, dimensiones y separaciones de la bodega de sustancias peligrosas.

A continuación, se detallan las principales características de edificación de la bodega de sustancias peligrosas.

3.3.1 Características constructivas.

Los materiales con los que fue construida la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas son los siguientes:

- Hormigón, fundaciones y radieres: tipo H30, $R28 = 300 \text{ kg/cm}^2$.
- Hormigón emplantillado: H10 (170 kg/m^3), Espesor = 5 cm, bajo todas las fundaciones, sin excepción.
- Barras de acero con resaltes, calidad a63-42H, para armaduras de pilares y vigas y para fundaciones calidad A44-28H para estribos.
- Recubrimientos: mínimo 4 cm en todas las caras.
- Elevaciones en m.
- Material de estructuras: AC. A37-24ES.
- Protección estructuras: arenado comercial con esquema epóxico.
- Para soldaduras usar electrodos E610 diámetro 3/32" (raíz) y E7018 diámetro 1/8" (remate).
- Tamaño cordón o filete: 6 mm.
- Pernos con tuerca y golillas (planas y presión)
- 3 puertas de 900 mm cortafuego normalizadas, marca Odis o similar.

3.3.2 Dimensiones y separaciones.

La bodega tiene una dimensión de 12,1 m de largo, 11,3 m de ancho y 5,9 m de alto (Anexo 6). Cuenta con 5 separaciones internas, dividiéndola en 6 secciones de almacenamiento, las cuales están descritas en la Tabla 4:

Tabla 4. Dimensiones y superficie de bodegas.

Sección	Superficie
Zona de trasvasije	5,8 m de largo y 2,15 m de ancho
Bodega de gas inflamable	5,6 m ²
Bodega de oxígeno	4,7 m ²
Bodega de gas no inflamable	4,7 m ²
Bodega de lubricantes	6,3 m de largo y 4,6 m de ancho
Bodega de productos químicos	12,1 m de largo y 4,6 m de ancho

3.4 Distribución interna de las sustancias peligrosas y cantidades.

Las sustancias existentes en la bodega, se almacenan de acuerdo a su clasificación de peligrosidad, se deja fuera la zona de trasvasije, ya que no cuenta con sustancias almacenadas (Anexo 7).

A continuación, se muestran las cantidades de sustancias almacenadas (Tabla 5)

Tabla 5. Cantidad de sustancias almacenadas en bodegas.

Bodega	Sustancia	Envases llenos	Envases vacíos	Cantidad total
Bodega de gas inflamable	Gas licuado	2 (45 kg)	0	90 kg
Bodega de oxígeno	Argón	3 (63 kg)	0	189 kg
	Oxígeno	5 (63 kg)	0	315 kg
	Nitrógeno	4 (63 kg)	0	252 kg
Bodega de gases no inflamables	No existen en la bodega	-	-	-
	Solvente desincrustante MVC RUST HDBUC	2 (20 l)	0	40 l
	Aceite mobil vacra oil N° 2	2 (208 l)	0	416 l

Bodega de lubricantes	Aceite mobil almo 525	1 (208 l)	0	208 l
	Aceite spartan EP 320	1 (208 l)	0	208 l
	Aceite Irimulax 15W40	2 (20 l)	0	40 l
	Aceite mobil almo 529	11 (208 l)	0	2288 l
	Aceite mobil DTE 24	7 (208 l)	0	1456 l
	Grasa mobilith SHC 220	1 (16 kg)	0	16 kg
	Grasa mobilith SHC 1500	2 (16 kg)	0	32 kg
	Grasa mobilith SHC 629	2 (16 kg)	0	32 kg
	Aceite mobil HD 40	1 (208 l)	0	208 l
	Aceite mobil GPN 150	1 (208 l)	0	208 l
	Aceite camin 100 VTC	11 (200 l)	0	2200 l
	Grasa mobil XHP 222	17 (16 kg)	0	272 kg
	Grasa mollub alloy	2 (32 l)	0	64 l
	Grasa HLF universal NG1	2 (16 kg)	0	32 kg
	Aceite water proof chain	2 (16 kg)	0	32 kg
	Aceite sigma fluid plus	1 (16 kg)	0	16 kg
	Aceite lubricante No-Tox PL	22 (18 l)	0	396 l
Bodega de productos químicos	Surfactol	3 (20 l)	0	60 l
	Fungicida ridomil	1 (20 l)	0	20 l
	Nexgen	3 (20 l)	0	60 l

A continuación, se muestra una tabla de acuerdo a lo estipulado en la Norma Chilena Oficial 382 Of.2004 donde se indica los números de la clase o división de peligrosidad de las sustancias contempladas en este estudio, las cuales son mencionadas en el Artículo N°44 del Decreto Supremo N°43 (Tabla 6).

Tabla 6. Clases o división de peligros de sustancias peligrosas.

Clase o división (según D.S 43)	Nombre
2.1	Gases inflamables
3	Líquidos inflamables
4.3	Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.

3.5 Número de trabajadores y turnos

Existen 3 turnos de trabajo en la planta, de los cuales un operador por cada turno tiene acceso a las bodegas de sustancias peligrosas, quienes están autorizados por la empresa para hacer ingreso a ella en todo momento.

3.6 Accesos y Sistemas de control o detección de incendios

A continuación, se detallan los accesos y sistemas de control o detección de incendios identificados en la bodega.

3.6.1 Accesos.

Cada bodega cuenta con un acceso propio, siendo un total de 6 accesos para la bodega de sustancias peligrosas (Anexo 8).

3.6.2 Sistemas de control o detección de incendios

La bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas cuenta con sistemas de detección y extinción de incendios, tales como:

- Kit de control de derrames con paño absorbente.
- Sistema de detección de humo.
- Extintores al exterior (5 m), arena seca para contención de derrames.

- Extintor PQS (10 kg) en el exterior, cantidad 3.
- Red de incendio, grifo con salida 75 mm de diámetro.
- Conexión STORZ.
- Insumos de limpieza.
- Polvo de absorción.

3.7 Cumplimiento Decreto Supremo N° 43: Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.

A continuación, se observan las figuras que evidencian los resultados de aplicabilidad y cumplimiento del Decreto Supremo N° 43, según los artículos considerados relevantes para este estudio (Anexo 2). Según los datos obtenidos, del total de 80 artículos evaluados, un 57 % “Aplican” y un 43% “No aplican” en la determinación del alcance de la evaluación (Figura 3).

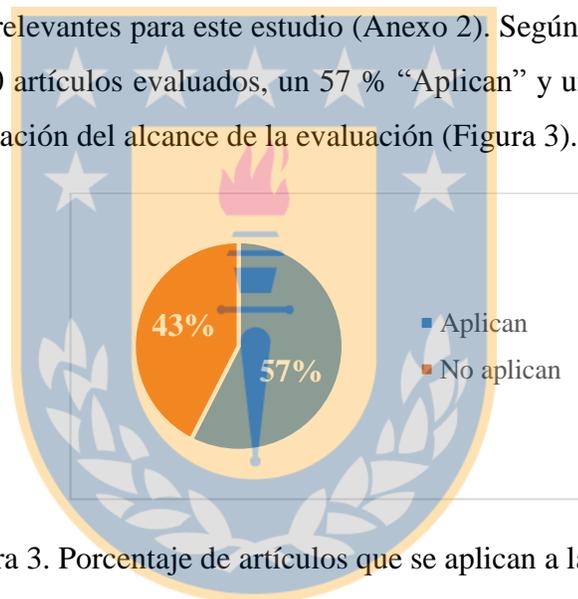


Figura 3. Porcentaje de artículos que se aplican a las bodegas.

De los 46 artículos aplicables del D.S. 43 determinados anteriormente, existe un 98% de cumplimiento de los normativos. Si bien, este 2 % se consideró un incumplimiento total del artículo para efectos de la cuantificación, solo es un incumplimiento parcial de los requisitos estipulados, debido a que el Artículo N° 40 especifica que “Toda abertura o celosía que sea parte del sistema de ventilación de una bodega debe estar libre de obstáculos”. Se pudo observar en terreno, que en las bodegas existían los rombos de clasificación de peligrosidad de las sustancias sobre las celosías de las bodegas (Figura 4). De acuerdo a lo

anterior, la obstrucción de las celosías en bodegas de sustancias peligrosas causa una ventilación deficiente, ya que puede acumular gases en su interior.



Figura 4. Celosías obstruidas.

3.8 Eventos peligrosos según metodología FIRSSO.

Los eventos peligrosos identificados en las bodegas de sustancias peligrosas, según situaciones específicas, fueron fugas, incendios y explosiones (Figura 5). Estos eventos, fueron clasificados según el factor de importancia relativa de seguridad y salud ocupacional (FIRSSO), los que corresponden a muy bajo, moderado, alto, muy alto y pérdida total (Anexo 9).

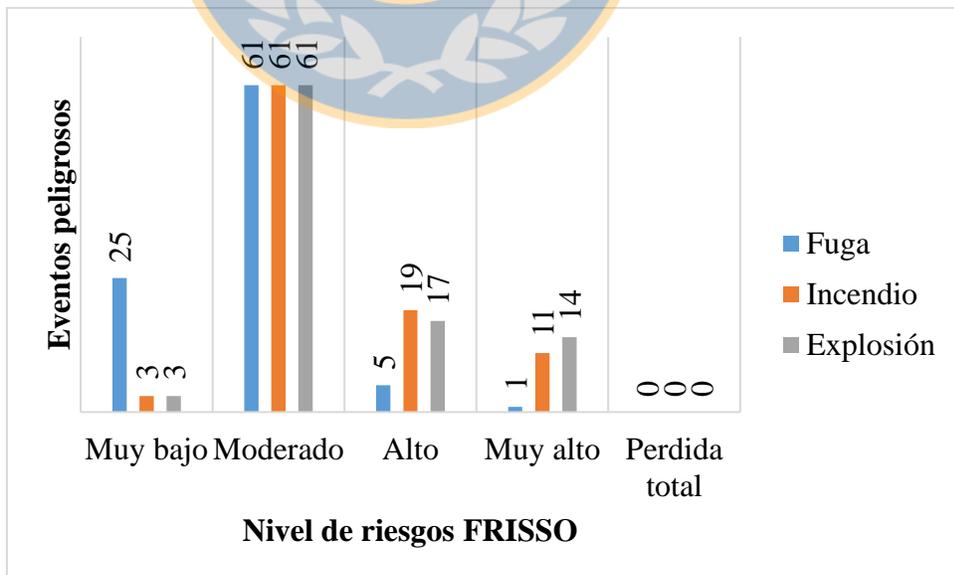


Figura 5. Eventos peligrosos identificados en matriz FIRSSO.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se identificó solo los eventos peligrosos que se pueden generar dentro de la bodega de acuerdo a las actividades que se realizan en ella (Tabla 7), determinando la sustancia peligrosa con mayor clasificación de peligrosidad según la Norma Chilena 1411/Of 2001.

Tabla 7. Eventos peligrosos identificados en cada bodega y su FIRSSO.

PARA EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO					
Bodega	Sustancia	Actividad	Situación	Evento peligroso	FIRSSO
Bodega de gas inflamable	Gas licuado GLP (Gas Licuado de Petróleo)	Manipulación de las sustancias dentro de la bodega.	Volcamiento de contenedores por incorrecta manipulación o por sobrepeso de los mismos al momento de manipularlos.	Fuga	5
				Explosión	5
				Incendio	6
Bodega de lubricantes	Aceite lubricante water proof chain	Almacenamiento.	Realización de trabajos de soldadura en bodegas o cerca de ellas.	Incendio	4
			Corte circuito en instalaciones eléctricas que genere chispas o llamas.		
	Surfactol			Incendio	4

Bodega de productos químicos		Manipulación de las sustancias dentro de la bodega.	volcamiento de contenedores por incorrecta manipulación o por sobrepeso de los mismos al momento de manipularlos
		Almacenamiento.	Realización de trabajos de soldadura en bodegas o cerca de ellas.
		Almacenamiento.	Corte circuito en instalaciones que genere chispas o llamas.

Tales sustancias, fueron seleccionadas para realizar los análisis de consecuencias descritos a continuación.

3.9 Análisis de consecuencias utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.

Bodega de productos químicos.

Para la realización de este análisis, se utilizó la sustancia Surfactol, ya que presenta la mayor clasificación de peligrosidad dentro de las sustancias almacenadas en la bodega de productos químicos, siendo ésta de clasificación 3, según Norma Chilena 1411/Of 2001. Esta sustancia es una mezcla y los fabricantes no hacen una alusión específica de las variables fisicoquímicas del compuesto, por lo que para realizar el análisis se utilizó su componente más peligroso, el etanol, que presenta una clasificación de peligrosidad 4, según la norma mencionada en el párrafo anterior.

La determinación de radiación térmica en el caso de un incendio en la bodega de productos químicos, se realizó para las estaciones de invierno y verano para posiciones vertical y horizontal, obteniéndose (Anexo 10):

Irradiación recibida por una persona u objeto en posición vertical y horizontal para las estaciones de invierno y verano será de:

$$q = d \times Fv \times E$$

Reemplazando (Tabla 8):

Tabla 8. Radiación térmica recibida en posición vertical y horizontal en caso de incendio en bodega de productos químicos.

Estación del año	Radiación térmica en posición vertical (q)	Radiación térmica en posición horizontal (q)
Invierno	1,84 KW/m ²	0,81 KW/m ²
Verano	1,77 KW/m ²	0,78 KW/m ²

Según los resultados obtenidos en el análisis para las estaciones de invierno y de verano, las cantidades de radiación recibida a una distancia de 28,04 m donde se encuentran los trabajadores más cercanos a las bodegas, no los afectaría, ya que la cantidad de radiación térmica recibida en ese punto no supera el límite soportable por las personas, el cual es de 4 a 5 KW/m², debiendo tenerse en cuenta que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1KW/m². Además, no supera la máxima radiación tolerable en el caso de una exposición breve de los trabajadores, la que corresponde a 6,5 KW/m² durante 20 segundos sin presentar quemaduras. Estos límites de radiación, están especificados en la NTP 326.

De acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N°43, en caso de un accidente tecnológico, no debe superarse el valor de 5 KW/m² de radiación térmica con

tiempo máximo de exposición de 3 minutos. De acuerdo a lo anterior, se determinó que no se sobrepasa este límite.

3.10 Análisis de consecuencias utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.

Bodega de lubricantes.

Para el análisis de consecuencias realizado en la bodega de lubricantes, se utilizó la sustancia con mayor peligrosidad, la cual corresponde al aceite lubricante water proof chain, con una clasificación de peligrosidad de 3, según Norma Chilena 1411/Of 2001.

Esta sustancia, al igual que el SURFACTOL, es una mezcla y los fabricantes no hacen una alusión específica de las variables fisicoquímicas del compuesto, por lo que para realizar el análisis se utilizó su componente más peligroso, por lo tanto, se seleccionó la sustancia que representa mayor peligrosidad por si sola. Esta mezcla tiene una composición entre 80% y 90 % de aceite mineral, por lo cual se realizó el análisis con esta sustancia.

La determinación de radiación térmica, en el caso de un incendio en la bodega de lubricantes, se realizó para las estaciones de invierno y verano para posiciones vertical y horizontal, obteniéndose (Anexo 11):

Irradiación recibida por una persona u objeto en posición vertical y horizontal para las estaciones de invierno y verano será de:

$$q = d \times Fv \times E$$

Reemplazando (Tabla 9):

Tabla 9. Radiación térmica recibida en posición vertical y horizontal en caso de incendio en bodega de lubricantes.

Estación del año	Radiación térmica en posición vertical (q)	Radiación térmica en posición horizontal (q)
Invierno	1,07 KW/m ²	0,084 KW/m ²
Verano	1,03 KW/m ²	0,081 KW/m ²

Según los resultados obtenidos en el análisis para las estaciones de invierno y de verano, las cantidades de radiación térmica recibida a una distancia de 28,04 m donde se encuentran los trabajadores más cercanos a las bodegas, no los afectaría, ya que la cantidad de radiación térmica recibida en ese punto no supera el límite soportable por las personas el cual es de 4 a 5 KW/m², debiendo tenerse en cuenta que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1KW/m². Además, no supera la máxima radiación tolerable en el caso de una exposición breve de los trabajadores, la que corresponde a 6,5 KW/m² durante 20 segundos sin presentar quemaduras. Estos límites de radiación, están especificados en la NTP 326.

De acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N°43, en caso de un accidente tecnológico, no debe superarse el valor de 5 KW/m² de radiación térmica con tiempo máximo de exposición de 3 minutos. De acuerdo a lo anterior, se determinó que no se sobrepasa este límite.

3.11 Análisis de consecuencias utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.

Bodega de gas inflamable.

Para la realización de este análisis, se utilizó gas licuado GLP, ya que es el único gas inflamable almacenado en esta bodega.

Se utilizó la sustancia con mayor composición de peligrosidad del gas licuado GLP, el cual es propano en un 70 %.

La determinación de radiación térmica en el caso de un incendio en la bodega de gas inflamable, se realizó para las estaciones de invierno y verano para posiciones vertical y horizontal, obteniéndose (Anexo 12):

Irradiación recibida por una persona u objeto en posición vertical y horizontal para las estaciones de invierno y verano será de:

$$q = d \times F_v \times E$$

Reemplazando (Tabla 10):

Tabla 10. Radiación térmica recibida en posición vertical y horizontal en caso de incendio en la bodega de gas inflamable.

Estación del año	Radiación térmica en posición vertical (q)	Radiación térmica en posición horizontal (q)
Invierno	1,99 KW/m ²	0,32 KW/m ²
Verano	1,92 KW/m ²	0,30 KW/m ²

Según los resultados obtenidos en el análisis para las estaciones de invierno y de verano, las cantidades de radiación térmica recibida a una distancia de 28,04 m donde se encuentran los trabajadores más cercanos a las bodegas, no los afectaría, ya que la cantidad de radiación térmica recibida en ese punto no supera el límite soportable por las personas el cual es de 4 a 5 KW/m², debiendo tenerse en cuenta que la radiación recibida del sol en un día de verano es aproximadamente de 1KW/m². Además, no supera la máxima radiación tolerable en el caso de una exposición breve de los trabajadores, la que corresponde a 6,5 KW/m² durante 20 segundos sin presentar quemaduras. Estos límites de radiación, están especificados en la NTP 326.

De acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N°43, en caso de un accidente tecnológico, no debe superarse el valor de 5 KW/m² de radiación térmica con tiempo máximo de exposición de 3 minutos. De acuerdo a lo anterior, se determinó que no se sobrepasa este límite.

3.12 NTP 292 Límites Inmediatamente peligroso para la vida y la salud (IPVS o IDLH).

Los límites de exposición a las sustancias almacenadas están expresados en la tabla 11:

Tabla 11. Límites de exposición ocupacional o límites inmediatamente peligrosos para la vida y salud humana para las bodegas de sustancias peligrosas.

Bodega	Sustancias	Límite inmediatamente peligroso para la vida y salud humana (IDLH) o Límite de exposición ocupacional
Bodega de gas inflamable	Gas licuado GLP	2.000 ppm IDLH
Bodega de productos químicos	Surfactol (etanol)	3.300 ppm IDLH
	Nexgen (chlorothalonil)	Ingesta diaria 0,015 mg/kg EPA
	Nexgen (methylene bis thiocyanate)	NO ESTABLECIDO
	Fungicida ridomil (mefenoxam)	10 mg/m ³ (NIOSH)

Bodega de lubricantes	Mobil vectra oil n° 2	5 mg/m ³ (OSHA)
	Mobil almo 525	5 mg/m ³ (OSHA)
	Rimula r4 15w-40	5 mg/m ³ (ACGIH)
	Mobil dte 24	5 mg/m ³ (ACGIH)
	Castrol molub alloy chain oil (distillates petroleum, hydrotreated heavy naphthenic (highly refined mineral oil))	10 mg/m ³ (ACGIH)
	Mobil shc 1500	5 mg/m ³ (OSHA)
	Mobil shc 629	5 mg/m ³ (ACGIH)
	Mobil motor oil 40	5 mg/m ³ (OSHA)
	Gpn oil 150	5 mg/m ³ (OSHA)
	Cadenas camin 100 vtc (oil mist (mineral))	2500 mg/m ³ (IDLH)
	Mobil grase xhp 222	5 mg/m ³ (ACGIH)
	Bel-ray waterproof chain lubricant (solvent-refined)	5 mg/m ³ PEL OSHA
		Sigma fluids 460 (destilados (petróleo) fracción ligera tratada con hidrógeno)
Bel-ray no-tox pl lubricant (hydrotreated light distillates (petroleum))		5 mg/m ³ LEP OSHA

3.13 NTP 329: Modelos de dispersión de gases y /o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas.

Luego de identificar los límites de las sustancias almacenadas en las bodegas, se seleccionó la sustancia de gas licuado GLP almacenada en la bodega de gas inflamable, para realizar el modelo de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera en el caso de una fuga de toda la cantidad almacenada en la bodega, la que corresponde a 90 kg.

Modelo de dispersión de gases y/o vapores (Anexo 4):

$$C = \frac{G}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

Obteniendo C (concentración del contaminante en el punto x = 100 m) en partes por millón (ppm) se obtiene (Tabla 12):

Tabla 12. Concentración en partículas por millón de contaminantes día y noche según estabilidad atmosférica (la estabilidad atmosférica se encuentra definida en el anexo 4).

Estación del año y estabilidad atmosférica	Concentración en partículas por millón (ppm) a los 100 m
Día de verano A	82,90
Día de verano C	699,96
Noche de verano E	2427,5
Noche de verano F	4264,3
Día de invierno A	89,35
Día de invierno C	86,13
Noche de invierno E	2507,4
Noche de invierno F	4397,5

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, se puede observar que para los días de verano e invierno A y C, las concentraciones no superan el límite

inmediatamente peligroso para la vida y salud humana del gas licuado GLP, el cual es de 2000 ppm. La concentración estimada está bajo el patrón de evaluación utilizado, con lo cual las concentraciones en los límites de la propiedad (100 m) se estima que no alcanzarán niveles que puedan comprometer la salud de los trabajadores, por lo que la instalación de almacenamiento puede quedar en la misma ubicación.

El Decreto Supremo N°43, establece que no podrán superarse los límites inmediatamente peligrosos para la vida y salud humana, de acuerdo a lo anterior y a los datos obtenidos en una noche de verano e invierno E y F, se puede observar que estos valores superan el límite inmediatamente peligroso para la vida y salud humana del gas licuado GLP. Por lo cual, una concentración como los obtenidos pueden llegar a afectar a los trabajadores que se encuentren a 100 m del lugar.

De acuerdo a las zonas de seguridad del lugar, estas se encuentran a menos de 100 m de las bodegas (30 m), pero la metodología específica que solo se puede realizar las estimaciones para distancias de 100 m a 10 km, por lo cual no se puede calcular la concentración de gas licuado GLP a la distancia en la que se encuentra la zona de seguridad antes mencionada.

3.14 NTP 321: Explosiones de nubes de vapor no confinadas: evaluación de la sobrepresión

Para la evaluación de la sobrepresión, se utilizó el Modelo de TNT (Trinitrotolueno) especificado en el “Manual de Métodos de Análisis de Riesgos y Consecuencias, al que se refieren los artículos 44° y 45° del Decreto Supremo N° 43, de 2016, del Ministerio de Salud, Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas, el cual se publicó el lunes 26 de diciembre del año 2016 (Anexo 13).

El modelo TNT se basa en la evaluación en relación con el poder calorífico del TNT estandarizado para la liberación de energía, por lo que la metodología implica la conversión a este parámetro (Anexo 5).

Se realizó este análisis con el supuesto de que se produjera una fuga de la cantidad total almacenada en la bodega de gas inflamable (90 kg) de la sustancia gas licuado GLP, y se determinó si afectaría a los trabajadores más cercanos a la bodega, los cuales están ubicados a 28,04 m.

Una forma directa que es utilizada para la evaluación de la sobrepresión, es el conjunto de fórmulas de Sadovski, la cual es la siguiente:

$$P = 0,95 [(W^{1/3}) R^{-1}] + 3,9 [(W)^{2/3} R^{-2}] + 13 [W R^{-3}]$$

Donde:

P: Sobrepresión (Atm)., W: Masa Equivalente de TNT. (kg.), R: Distancia real (m). Obteniéndose (Tabla 13):

Tabla 13. Datos para determinar la sobrepresion

Datos	Valores
P	0,46 Pa (11mbar)
W	198,7 Kg
R	28,36 m

De acuerdo a los datos obtenidos, es posible evaluar que en caso de ignición de la fuga de gas licuado GLP a 28,04 metros de distancia, no se producirán daños a los trabajadores y no existiran daños graves a la estructura, ya que el resultado obtenido para la sobrepresion generada es de 11 milibares y el artículo 44° del Decreto Supremo N° 43 establece que no deberan sobrepasarse los 125 milibares, en un accidente mecánico (ondas de presión).

3.15 Medidas de reducción del riesgo en el caso de ser necesarias.

En cuanto al incumplimiento del artículo n° 40 del D.S N°43, se recomienda:

- Trasladar los rombos de clasificación de peligrosidad de las sustancias almacenadas, a un costado o donde no obstruyan las celosías de la bodega de sustancias peligrosas.

Por otra parte, en cuanto a los resultados obtenidos en los análisis de consecuencias, se determinó que la situación que generaría más riesgo para los trabajadores y que superaría los límites inmediatamente peligrosos para la vida y salud humana, fue la situación de fuga en la bodega de gas inflamable, la cual almacena gas licuado GLP, cuya concentración a una distancia de 100 m supera las concentraciones límites, esto es si ocurriese en una noche de invierno o verano con estabilidad atmosférica E y F, las medidas propuestas son:

- La planta cuenta con dos turnos, uno de día y otro de noche, por lo que se recomienda que el turno de noche se encuentre capacitado en el caso de una fuga, en cuanto a protección respiratoria y tiempo de escape, como también a los equipos de rescate.
- Para las zonas de seguridad menores a 100 m, se recomienda que el personal del turno de noche pueda acceder a otra zona de seguridad ubicada a una distancia mayor a 100 m, que garantice la seguridad del trabajador.
- Realizar verificaciones en las válvulas una vez por semana, para así evitar una fuga por este medio.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo son las siguientes:

- Tras el estudio, se pudo observar que la ubicación geográfica del emplazamiento es acorde al propósito, el cual es perturbar en forma mínima a la población. En el caso de que se produjera en el futuro un accidente de tipo tecnológico, no existe peligro que se pueda ver afectado el entorno de poblaciones aledañas, ya que se ubica en un sector destinado a actividades forestales.
- En cuanto a las características estructurales de la bodega, ésta cumple con los requisitos legales y estándares de almacenamiento acordes con las especificaciones que requiere el almacenaje de sustancias peligrosas.
- En cuanto al cumplimiento de los requisitos legales, derivados del Decreto Supremo 43, se evidenció un alto nivel de cumplimiento (98%) con observaciones menores de fácil corrección.
- En la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, a través de la metodología FIRSSO, los principales eventos peligrosos que pueden acontecer son fugas de las sustancias peligrosas e incendios y/o explosiones derivados de la reacción de sustancias inflamables.

Las principales conclusiones derivadas de los estudios específicos del Análisis de Consecuencias por accidentes tecnológicos producidos por sustancias peligrosas son:

- En cuanto a la cantidad de radiación térmica emitida en el caso de un incendio en las bodegas de gas inflamable, lubricante y productos químicos, estas no afectarían a los trabajadores cercanos a las inmediaciones de la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas.
- Si se produjera una fuga en la bodega de gas inflamable GLP, los trabajadores cercanos a las inmediaciones de la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas, no se verían afectados, no

obstante, situación diferente puede ocurrir si este evento acontece en una noche de verano o noche de invierno con estabilidad atmosférica E y F.

- En cuanto a la fuga de gas licuado GLP, los trabajadores de los turnos de noche, deben estar capacitados en materia de cómo actuar frente a una fuga y deben contar con zonas de seguridad mayores a 100 m de la bodega de gas inflamable. Además, se recomienda la utilización de equipo respiratorio.
- En caso de la sobrepresión generadas por la explosión de la bodega de gas inflamable, las ondas de presión no sobrepasan el límite estipulado por el Decreto Supremo N° 43, por lo que no significarían un daño a las personas y a la infraestructura aledaña por sobrepresión mecánica tras una explosión.
- Las medidas propuestas, en cuanto a la reducción del riesgo en el caso de ser necesarias, corresponden principalmente a modificaciones de zonas de seguridad, capacitaciones al personal y utilización correcta de equipo respiratorio en el caso de fugas y en cuanto al incumplimiento del requisito legal (D. S N° 43, artículo 40), consistió en el traslado de rombos de clasificación de sustancias peligrosas que obstruyen las celosías, para facilitar la ventilación dentro de la bodega de sustancias peligrosas.

5. REFERENCIAS

1. Aguilar, C. y Sanhueza, R. (2003). "Caracterización y Estandarización de Productos, Procesos y Equipos en la Industria del Aserrió. Universidad del Biobío, Chile. Recuperado el 5 de junio de: http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2003/sanhueza_r/doc/sanhueza_r.pdf.
2. Alcántara-Garduño, M. y Ramírez-Camacho, J. (2012). Causas y Consecuencias de Accidentes Químicos Ocurridos Entre la Población Civil. Caso: Ciudad de Tapachula, Chiapas, México (2002-2010). 12(2); 233-243. Recuperado el 13 de junio de: <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/326/367>.
3. Branes, P. (2015). Técnicas de Almacén, Editex. Recuperado el 10 de mayo de: <https://books.google.cl/books?id=IO7JCQAAQBAJ&pg=PA244&dq=almacenamiento+de+sustancias+peligrosas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiZmYXluILMAhVLiZAKHYsqCC8Q6AEIRzAE#v=onepage&q=almacenamiento%20de%20sustancias%20peligrosas&f=false>.
4. Budějovická, G. (2008). Energía Interna. Calor y Temperatura. Recuperado el 13 de octubre de: https://pegm1254.files.wordpress.com/2015/04/tabla_de_calores_y_temperat.pdf.
5. Castro, R. & Arcos, P. (1998). El riesgo de desastre químico como cuestión de salud pública. Revista Española de Salud Pública, 72(6); 481-500. Recuperado el 20 de julio de: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57271998000600002&script=sci_arttext&tlng=pt
6. Chile. Código del trabajo (2015). Libro II de la protección de los trabajadores. Título I Normas generales. Art. 184. p122.

7. Cuscó, J. y Turmo, E. (1993). NTP 329. Modelos de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

8. Decreto Supremo N° 43. Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas. Art. N° 1. Diario Oficial de la República de Chile. 29 marzo 2016.

9. Decreto Supremo N° 78. Aprueba Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas. Diario Oficial de la República de Chile. 11 septiembre 2010.

10. Durán, G. y Kremerman, M. (2007). Informe Industria Forestal. Fundación Sol Chile. Recuperado de: <http://www.fundacionsol.cl/wp-content/uploads/2010/09/Cuaderno-4-Industria-Forestal.pdf>.

11. Freemeteo. (2016, octubre 10). Recuperado de: <http://freemeteo.cl/eltiempo/los-angeles/tiempo-actual/localidad/?gid=3882428&station=23278&language=spanishar&country=chile>.

12. García, J. (1996). Almacenamiento de productos químicos. Criterios de incompatibilidad. Mapfre Seguridad. N° 64, 15-21. Recuperado de: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1018748.

13. Gas licuado del petróleo. (2016, 20 octubre). Recuperado de: <http://www.gasolineraslagaviota.com/wp-content/uploads/2012/11/Licuado.pdf>

14. Gobierno de Chile. Seremi de Salud (2000). Manual de Almacenamiento Seguro de Sustancias Peligrosas. Recuperado de: http://www.normativaconstruccion.cl/documentos_sitio/Manual_de_almacenamiento_de_sustancias_peligrosas.pdf.

15. Guevara, A. y Vinueza, J. (2005). *Diseño mecánico de una planta de almacenamiento de gas licuado de petróleo de 1600 toneladas métricas de capacidad*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador.
16. Infomed Red de Salud de Cuba, (2009). Desastres Tecnológicos, capítulo 11. Recuperado de: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/urgencia/11desastres_tecnologicos.pdf
17. Innovum Fundación Chile. (2015). Fuerza Laboral de la Industria Forestal Chilena 2015-2030. Agosto 25, 2016, de Innovum Fundación Chile Sitio web: <http://fch.cl/wp-content/uploads/2016/01/EFLF.pdf>.
18. Ley N° 16.744. Establece Normas Sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, 23 de enero de 1968.
19. Ministerio del trabajo y previsión social, 2007. Circular N° 2.345. Santiago, 10 ene. 2007. Imparte Instrucciones Respecto de las Obligaciones Impuestas a las Empresas por los Incisos Cuarto y Quinto del Artículo 76 de la Ley N° 16.744, en Virtud de lo Establecido en la Ley n° 20.123.
20. MultiTherm. (2016). Caliente Transferencia de petróleo del calor del aceite MultiTherm IG-4 ®. Recuperado el 20 de octubre de: <http://www.multitherm.com/multitherm-ig-4.html>
21. Norma Chilena Oficial 382. (2013). Sustancias peligrosas - Terminología y clasificación general. Instituto Nacional de Normalización.
22. Norma Chilena Oficial 2120. Sustancias Peligrosas. Diario Oficial de la República de Chile, 30 marzo 2005.
23. Piqué, T. (1991). NTP 292: Concentración "inmediatamente peligrosa para la vida o la salud". Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

24. Praus, S. (2000). Marco Jurídico para la Gestión Ambiental De las Sustancias Químicas Peligrosas. Santiago, Chile: Comisión Nacional de Medio Ambiente. Recuperado de: http://www.sinia.cl/1292/articles-37252_recurso_1.pdf.

25. Pohanish, R. (2005). Haz Mat Data. For First Response, Transportation, Storage, and Security (pp. 48). Recuperado el 20 de agosto de: https://books.google.cl/books?id=3Tb12W8j-3oC&pg=PA480&lpg=PA480&dq=heat+combustion+alcohol+etilico&source=bl&ots=GQ-c8tsRxA&sig=Qjuh4pSLaX9AMqlg_cQX2kowuJI&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj26JzSyLvRAhWEDZAKHRapBYsQ6AEIQDAF#v=onepage&q=heat%20combustion%20alcohol%20etilico&f=false

26. Red Agroclima. (2016, octubre 20). Recuperado de: <http://www.agroclima.cl/>

27. Sars, W. y Zemansky, M. (2009). Física universitaria volumen 1. México. Pearson educación. Recuperado el 25 de octubre de: <http://fis.ucv.cl/docs/Fis231/textos/Fisica-Universitaria-Sears-Zemansky-12va-Edicion-Vol1.pdf>

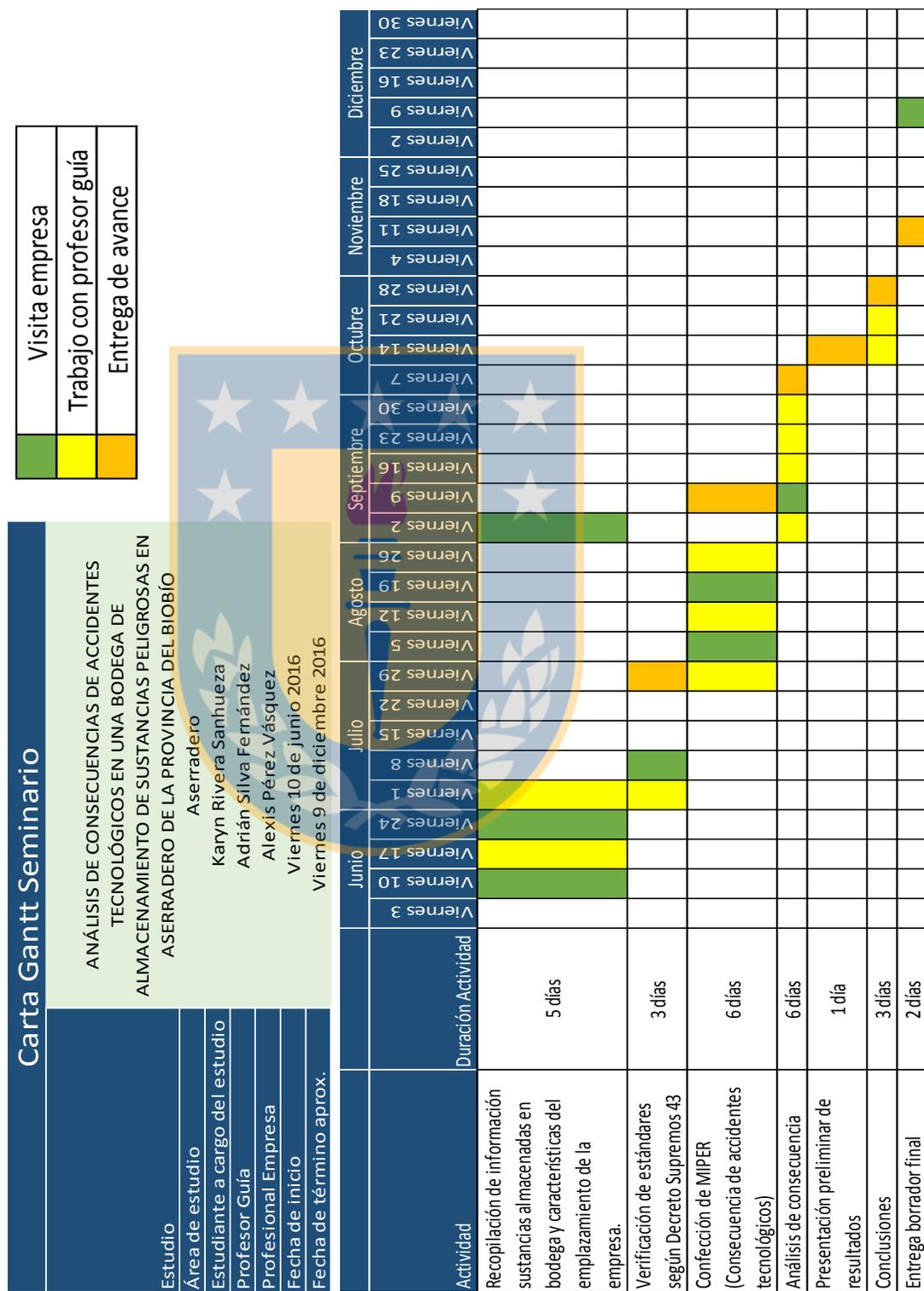
28. Turmo, E. (1993). NTP 321. Explosiones de nubes de vapor no confinadas: evaluación de la sobrepresión. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

29. Turmo, E. (1993). NTP 326. Radiación térmica en incendios de líquidos y gases. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

30. World nuclear association. (2016, septiembre 10). Recuperado de: <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/heat-values-of-various-fuels.aspx>.

6. ANEXOS

Anexo 1. Carta Gantt



Anexo 2. Formato Lista de Verificación.

D.S N°43 APRUEBA REGLAMENTO DE ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS							
TITULO II: DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
9	Sustancias peligrosas deben estar contenidas en envase etiquetados, excepto las que se almacenen a granel.	X		Según Título XII del presente reglamento	X		
	Los envases de las sustancias deberán estar diseñados de manera que impidan la pérdida de contenido.	X		Material químicamente compatible con la sustancia, difícil ruptura y que minimice eventuales accidentes.	X		
11	Toda instalación de almacenamiento de sustancias peligrosas deberá tener acceso controlado.	X		Encargado debe vigilar el acceso de personas y maquinarias y llevar un registro de los productos que entran y salen.	X		
12	Procedimientos de operación de la instalación de almacenamiento de sustancias peligrosas.	X		Deberán consignarse por escrito, estar en conocimiento de todo el personal asociado a ésta y estar disponible para la autoridad fiscalizadora	X		
13	Personal que trabaje en la instalación de almacenamiento de sustancias peligrosas	X		Deberá recibir una capacitación anual como mínimo, por personal competente en la materia, que incluya información e instrucciones específicas, en forma oral o escrita, al menos de los siguientes temas: Propiedades y peligros de las sust. Almacenadas y su manejo seguro. Contenidos y adecuada utilización de las HDS. Función y uso correcto de elementos y equipos de seguridad, incluidas consecuencias de un incorrecto funcionamiento. Uso correcto de EPP. Y	X		

				consecuencias de no utilizarlos. Procedimientos de operación de la instalación de almacenamiento.			
	Registro de las capacitaciones dadas a sus trabajadores con los respectivos participantes	X		Disposición de la autoridad sanitaria	X		
	Trabajadores que presten servicios por primera vez en la instalación de almacenamiento.	X		Previo al inicio de su trabajo, la capacitación señala en este artículo.	X		
14	Registro impreso o electrónico, en idioma español, al interior de la empresa, pero fuera de la instalación de almacenamiento de sustancias peligrosas, el que deberá estar a disposición del personal que trabaja o transita por ella, como también de los organismos fiscalizadores.	X		Debe contener: Nombre comercial y químico de cada sustancia. En el caso de mezclas o productos debe identificar la o las sustancias que le otorguen la característica de peligrosidad. Capacidad máxima de la instalación. Cantidad almacenada promedio semestral, en las fechas indicadas en el artículo 5 respecto al sistema de Declaración de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas. N° NU. Clase primaria y secundaria cuando corresponda y división de peligrosidad de acuerdo a la NCh 382: 2013.	X		
	Disponibilidad de las HDS de las sustancias almacenadas de acuerdo a la NCh: 2245:2015. HDS para productos químicos (contenido y orden de las secciones)	X		La responsabilidad de elaborar o proveer la hoja de datos de seguridad, será del fabricante, importador o proveedor de la sustancia o producto, según corresponda.	X		
15	En la portería o acceso principal de la empresa deberá existir un plano de emplazamiento de la empresa.	X		Ubicación de cada una de las instalaciones de almacenamiento de sustancias peligrosas, indicando para cada una de ellas las clases y divisiones de peligrosidad de las sustancias almacenadas. Indicar también los lugares donde se encuentren elementos para	X		

				combatir y controlar emergencias, así como los ingresos y las salidas de la empresa. Capacidad máxima de cada instalación de almacenamiento de sustancias peligrosas en kg. y/o t. Incompatibilidad de las sustancias con el agua, si existiera.			
	Deberán también estar disponibles en forma impresa o digital las Hojas de Datos de Seguridad de las sustancias almacenadas, Hoja de datos de seguridad para productos químicos - Contenido y orden de las secciones, ordenadas y separadas por cada instalación de almacenamiento de sustancias peligrosas.	X		De acuerdo a NCh 2245:2015	X		
17	Incompatibilidades individuales y específicas para cada sustancia	X		Prevalecerá lo establecido en la Hoja de Datos de Seguridad (HDS), respecto de las incompatibilidades individuales y específicas para cada sustancia.	X		
18	Estará prohibido fumar al interior de cualquier instalación donde se almacenen sustancias peligrosas.	X		Señalado mediante letreros que indiquen "No fumar", en el acceso principal de la instalación y, en el caso de bodegas, al interior de la misma, en lugares fácilmente visibles.	X		
PÁRRAFO I DEL ALMACENAMIENTO DE PEQUEÑAS CANTIDADES							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
21	Lugar donde estén almacenadas las sustancias peligrosas.	X		Sistema de control de derrames (de materiales absorbentes o bandejas de contención) y contar con un sistema manual de extinción de incendios, a base de extintores, compatibles con los productos almacenados, en que las	X		

				cantidades, distribución, potencial de extinción y mantenimiento.			
22	Sustancias incompatibles.	X		Deberán estar separadas por alguna barrera física o una distancia de 2.4 m y no podrán compartir el mismo sistema de contención de derrames.	X		Almacenamiento separado de sustancias.
23	Envases menores o iguales a 5 kg o L y los de vidrio.	X		Estanterías de material no absorbente, liso y lavable, cerradas o con sistema antivuelco, con control de derrames y ventilación para evitar la acumulación de gases en su interior. Dicha estantería deberá contar con señalización que indique almacenamiento de sustancias peligrosas, de acuerdo a los rótulos de la NCh 2190 Of.2003. En el caso de sustancias tóxicas, la estantería deberá ser siempre cerrada.	X		
24	HDS	X		De cada una de las sustancias almacenadas a disposición de quienes las manejan.	X		
PÁRRAFO III DE LAS BODEGAS PARA SUSTANCIAS PELIGROSAS							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
33	Almacenamiento mayor a 12 T.		X	Almacenar en bodega para Sustancias Peligrosas. Dichas bodegas deberán contar con pictogramas externos e internos, que indiquen las clases y divisiones de las sustancias almacenadas, de acuerdo a la NCh2190 Of.2003.			
			X	Los pictogramas ubicados en todos los muros externos de la bodega, deberán indicar las clases o divisiones de sustancias almacenadas en su interior			

				debiendo ser visibles a una distancia de 10 m.			
			X	Los pictogramas internos deberán ubicarse en cada una de las zonas de almacenamiento, de acuerdo a las clases y divisiones de las sustancias en ellas dispuestas.			
34	Podrán almacenarse sustancias peligrosas hasta 10.000 t en una bodega separada. En el caso de bodegas adyacentes se podrá mantener una cantidad máxima de 2.500 t de sustancias peligrosas en cada una, no pudiendo superar en su conjunto las 10.000 t.		X	Tendrán las siguientes limitaciones: 2.1 aerosoles (3T). 2.1 cilindros (3m2) de superficie de almacenamiento. 2.2 (8m2) de superficie de almacenamiento. 2.3 (3cilindros o 300 kg en cartridge. 3, 4.1 y 4.2 (10 ton). 4.3 (1.5 t). 5.1 y 5.2 se aplica el título VII del presente reglamento.			
				En caso de almacenamiento en conjunto de sustancias peligrosas de las clases 2.1, 3, 4.1, 4.2 y 4.3 la cantidad total no podrá exceder las 10 t.			
				El almacenamiento por sobre las cantidades establecidas deberá realizarse en bodegas exclusivas para la(s) clase(s) y/o divisiones.			
35	bodegas para sustancias peligrosas	X		Deberán ser cerradas en su perímetro por muros, resistentes a la acción del agua, con techumbre y piso sólido resistente estructural y químicamente, liso, lavable e impermeable y no poroso.	X		
				Adicionalmente a las exigencias que se establecen en el presente reglamento, las bodegas deberán ajustarse a lo señalado en la OGUC, respecto a su diseño y Características de construcción, considerando el estudio de carga combustible.	X		

				las bodegas de sustancias peligrosas no podrán construirse con un estándar menor al tipo C, según Art. 4.3.3 de dicha Ordenanza y, los muros perimetrales no soportantes no podrán tener una resistencia al fuego menor a 15 minutos	X		
				Las bodegas que funcionen con ambientes controlados de temperatura y/o presión podrán exceptuarse de contar con techo con cubierta liviana, al igual que aquellas bodegas, en que se demuestre que hay un mejor control de riesgos, con otro tipo de cubierta.		X	No existen bodegas con ambiente controlado.
36	Las bodegas de sustancias peligrosas adyacentes.	X		Podrán estar conectadas en forma interna con una zona de producción u otras bodegas, siempre y cuando, la puerta que comunica ambos sectores tenga las mismas características constructivas y de resistencia al fuego exigido para el muro divisorio que la contiene, y que dicha puerta cuente con un sistema de cierre automático.	X		
37	Las puertas de carga y descarga y las de escape	X		Deberán tener al menos un 75% de la RF de los muros que las contienen y estar ubicadas en muros externos.	X		
		X		En las instalaciones construidas a partir de la entrada en vigencia de este reglamento, la ubicación de estas puertas será de manera tal que desde cualquier punto al interior de la bodega, la distancia recorrida, no sea superior a 30 m.	X		
38	Deberán existir una o más puertas de escape distintas de la puerta de			Para bodegas con superficie hasta 2.500 m ² y 40 m para bodegas sobre 2.500 m ² . Se exceptuarán de esta exigencia las bodegas con una superficie menor o igual	X		

	carga/descarga, con direcciones distintas.			a 80 m2, que podrán tener sólo la puerta de carga/descarga, la cual podrá servir de puerta de escape, siempre y cuando no se trate de una puerta de operación con mecanismo de cierre automático.			
				Para las bodegas existentes, que cuenten con puertas de escape y no cumplan con los 30 m, podrán aceptarse éstas siempre y cuando, la distancia recorrida desde cualquier punto al interior de la bodega, no exceda los 40 m. Para bodegas hasta 2.500 m2, hasta 50 m para bodegas entre 2.500 y 5.000 m2 y 60 m para bodegas sobre 5.000 m2.	X		
	Las puertas de carga y descarga podrán ser utilizadas como puertas escape.		X	Siempre y cuando éstas permanezcan abiertas en todo momento durante la operación, no se trate de puertas de operación con mecanismo de cierre automático y de al exterior.			
	Las puertas de escape deben abrirse fácilmente desde el interior de la bodega, comunicar al exterior.	X		Estar libres de obstáculos y, en caso de no estar a nivel de suelo, deberán acondicionarse con ramplas de manera de hacer seguro el tránsito por ellas. Además, deben contar con manillas anti pánico y no deben tener chapas, llaves, ni mecanismos que requieran un conocimiento especial para su apertura. Dichas puertas deben tener un ancho mínimo de 90 cm.	X		
39	Dentro de las bodegas para sustancias peligrosas no podrán realizarse mezclas ni re-embasado de esas sustancias	X		Excepto en aquellas que existan estanques fijos o en aquellas en que se deba realizar fraccionamiento para ser utilizado en la zona producción dentro del mismo sitio de la empresa.	X		

	El proceso de etiquetado de las sustancias podrá realizarse al interior de la bodega. Tanto el fraccionamiento permitido como el etiquetado, al interior de una bodega.		X	Deberá realizarse en una zona especialmente destinada para ello.			
	Realice picking y packing al interior de las bodegas		X	Deberán mantenerse las mismas condiciones de seguridad establecidas en este reglamento y resguardarse las condiciones de seguridad para los trabajadores de acuerdo a lo establecido en DS 594 de 1999 del Ministerio de Salud. No obstante, lo anterior, el embalaje de las sustancias después del picking deberá realizarse en una zona destinada especialmente para ello y sólo podrá realizarse con sustancias de dicha bodega, no permitiendo el ingreso de sustancias de otras bodegas, en tal caso, deberá habilitarse una zona habilitada para ello fuera de la bodega.			
40	Las bodegas deberán tener ventilación natural o forzada, acorde a las sustancias que se almacenen y las actividades permitidas en su interior, según memoria técnica de diseño.	X		Para sistemas de ventilación natural se deberá contemplar en su diseño pequeñas aberturas abajo y arriba de los muros o en el techo y podrán incorporar sistemas mecánicos. Las aberturas de entrada en los muros deberán ocupar una superficie entre 4% y 5% del muro, deberán estar ubicadas en forma perpendicular a la dirección del viento y distribuidas uniformemente en la parte baja del o los muros que estén en la dirección preferente del viento. Las salidas deberán tener una superficie igual o mayor a la entrada y estar ubicadas en la techumbre o parte superior de los muros. En este	X		

				último caso, la superficie total de aberturas y salidas debe mantenerse entre el 4 y 5% respecto a la superficie de los muros que las contienen. Para la determinación de las aberturas no se considerarán las puertas de carga y descarga abiertas.			
	Las instalaciones existentes que no tengan aberturas en muros o que éstas sean inferiores a 4% de la superficie del muro y que no sea posible hacerlas o aumentarlas.		X	Deberá considerar, al menos, aberturas o celosías en las puertas de carga y descarga, además de las salidas en techumbre.			
	Toda abertura o celosía que sea parte del sistema de ventilación de una bodega debe estar libre de obstáculos.	X		No deben afectar o disminuir el flujo de aire al interior de ésta.		X	
	Bodegas exclusivas de inflamables que almacenen sustancias con punto de inflamación menor a 38°C y que almacenen más de 100 t de sustancias inflamables.		X	Deberán contar con sistema de ventilación forzada, en su inyección y extracción, cuyos criterios de diseño deberán estar acorde a las sustancias almacenadas y a las actividades permitidas en su interior, alcanzando como mínimo un flujo de 0,3 metros cúbicos por minuto y por metro cuadrado. Este requisito no será exigible para bodegas existentes.			
41	Las bodegas que funcionen con ambientes controlados de temperatura y/o presión.		X	Estarán exentas del cumplimiento de las exigencias establecidas en el artículo anterior. Estas bodegas deberán contar con procedimientos escritos que eviten la exposición de los trabajadores a posibles concentraciones peligrosas para su salud, en los procesos de carga y descarga de las sustancias.			

42	Si la bodega cuenta con instalación eléctrica.	X		Deberá cumplir con la normativa vigente y estar registrada ante la autoridad competente	X		
43	Bodegas para Sustancias Peligrosas	X		No podrán ubicarse en subterráneos ni tampoco podrán tener más de un piso.	X		
44	Clase o división de peligro, el evento o emergencia que podría provocarse en su almacenamiento.		X	2.1 Gases inflamables (Incendio Explosión) MODELOS: Incendios en charcos, dardos de fuego, bolas de fuego o Bleve.			
				3 Líquidos inflamables (Incendio) MODELOS: Incendio en charcos, dardos de fuego, bolas de fuego o Bleve.			
				4.3 Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables (Incendio) Modelos: Incendio en charcos, dardos de fuego, bolas de fuego o bleve, sobrepresión.			
				Cuando se deba aplicar la metodología de análisis de consecuencias, en caso de incendio, en una bodega exclusiva de inflamables, que cumpla con las características del artículo 47 del presente reglamento, se deberá aplicar primero en una de las bodegas adyacentes, a fin de establecer si en las demás bodegas se alcanza la temperatura de auto ignición de las sustancias allí almacenadas. Si así fuera, se aplicará el modelo sobre toda la superficie afectada.			
45	El análisis de riesgo, que se indica en el artículo 5, que deban realizar las empresas corresponderá, al menos, a un análisis de riesgos simple, del tipo análisis de árbol de eventos,		X	Que contemple: Eventos básicos de la secuencia. Los eventos básicos son los iniciadores de la secuencia y sobre los cuales se deben plantear métodos tecnológicos o acciones administrativas orientadas a la prevención y reducción de			

				<p>probabilidad de ocurrencia, lo cual debe ser consecuente con el nivel de daños (Consecuencias) que pueda ocasionar el evento final. Eventos intermedios. Fallas o situaciones que pueden presentarse durante las operaciones que pueden o no desencadenar un evento por sí solos. Estos elementos se identifican en el diagrama de árbol con la finalidad de establecer medios preventivos de verificación sistemática en los procesos, tales como inspecciones, auditorías u observaciones de protocolos de trabajo, de tal forma de identificar Potenciales fallas prematuramente y lograr tomar acción sobre desviaciones potenciales que sean detectadas. . Evento final. Falla potencial o efectiva que se producirá finalmente y que pueden tener efectos variados, lo cual permitirá identificar las consecuencias o el modelo de análisis de las consecuencias que puede aplicar conforme a las características del evento. Las situaciones finales pueden abarcar fallas estructurales como rupturas, colapsos, desplomes o eventos equivalentes con los efectos identificados, los cuales en algunos casos podrán dimensionarse en cantidad o energía.</p>			
	Para el caso de estanques atmosféricos y presurizados con sustancias peligrosas.		X	Deberán complementar los conceptos de diseño (Memoria del sistema de Tuberías) con los análisis de riesgos mediante los diagramas de árboles de eventos para identificar las situaciones			

				que podrían comprometer el diseño y operaciones, lo cual tendrá como objetivo la identificación de potenciales fallas o el requerimiento de resguardos adicionales.			
46	Bodegas de sustancias peligrosas excepto las exclusivas para inflamables, comburentes del Grupo de Embalaje I o peróxidos orgánicos de la clase A a la D.	X		se podrán almacenar sustancias no peligrosas que sean compatibles con aquéllas y que correspondan a sustancias no combustibles.	X		
47	Cuando una bodega cumpla todos los requisitos de una exclusiva, del tipo separada, y sea compartimentada o dividida en dos o más bodegas adyacentes.	X		La suma de las cantidades de sustancias almacenadas en todas ellas deberá ser equivalente a la cantidad máxima permitida para la bodega exclusiva separada y, por tanto, podrán almacenar en cada compartimiento cantidades mayores a las establecidas para bodegas adyacentes	X		
48	Las bodegas para sustancias peligrosas	X		No podrán estar ubicadas en zonas residenciales.	X		
				Adyacentes o separadas, excepto las exclusivas para sustancias inflamables, podrán ubicarse en una zona mixta que permita bodegas, siempre y cuando mantengan una distancia mínima de 3 m a sus muros medianeros o deslindes y no superen las 30 t.	X		
				Excepto las exclusivas para sustancias inflamables, podrán instalarse en una zona industrial, cuando mantengan una distancia mínima de 3 m al muro medianero o a sus deslindes, si almacenan hasta 30 t, sobre esta cantidad y hasta 1.000 t deberá mantener una distancia mínima de 5 m y cuando se	X		

				<p>almacenen sobre 1.000 t una distancia de 10 m</p> <p>Que almacenan hasta 30 t, deberán tener por el costado en que realizan la carga y descarga un distanciamiento de 3 m a otras construcciones dentro del mismo sitio. Si almacenan más de 30 t, deberán tener un distanciamiento a cualquiera otra construcción dentro del mismo sitio de al menos 5 m por el costado en que se realiza la carga y descarga.</p>	X		
	De no existir plan regulador	X	Deberá dar cumplimiento a las distancias al muro medianero o deslinde y a cualquiera otra construcción dentro del sitio de la empresa, establecidas en este artículo, de acuerdo a las cantidades almacenadas.				
	En sitios industriales en que existan bodegas de almacenamiento de sustancias peligrosas y otras bodegas o instalaciones destinadas a otros usos industriales, con distintas razones sociales.	X	Las bodegas de almacenamiento de sustancias peligrosas serán consideradas como bodegas de almacenamiento de sustancias peligrosas adyacentes.				
49	Las bodegas para sustancias peligrosas existentes, exclusivas o no, que no puedan cumplir las distancias mínimas a muros medianeros o deslindes y a otras construcciones dentro del sitio, establecidas en este reglamento	X	Podrán mantenerse funcionando a una distancia menor que la establecida siempre que no sea inferior a 3 m al muro medianero o a sus deslindes si almacenan hasta 30 t o a 5 m si almacenan cantidades mayores a 30 t, sujeto a la presentación y aprobación por la Autoridad Sanitaria de un estudio de análisis de consecuencia de un accidente tecnológico que no supere los valores indicados en el artículo 44 de este				

				reglamento, para aquellas clases en que se indica la metodología a utilizar.			
	Aquellas bodegas en que se almacenan las otras clases de sustancias peligrosas que no se les pueda aplicar un modelo de análisis de consecuencia cuantitativo.		X	Deberán realizar análisis de riesgos, según lo establecido en el artículo 45 e implementar medidas adicionales a las establecidas en este reglamento, de carácter ingenieril, de modificación de diseño u otro que no sea de carácter administrativo, que aseguren que se mantiene un nivel de control de riesgos igual o superior a lo establecido en este reglamento.			
50	bodegas para sustancias peligrosas	X		No deberán existir bodegas para sustancias peligrosas adosadas a casinos de alimentación. Si una bodega de este tipo está contigua a un casino, los accesos de ambas instalaciones no podrán estar enfrentados.	X		
51	Las bodegas para sustancias peligrosas	X		Deberán contar con un sistema manual de extinción de incendios, a base de extintores, cuyo tipo, cantidades, distribución, potencial de extinción y mantenimiento, entre otras características, deberán estar de acuerdo a lo establecido en el decreto N° 594 de 1999, del Ministerio de Salud. Las bodegas que funcionen con ambientes controlados, podrán ubicar el sistema manual de extinción en el exterior de la bodega.H478:I482	X		
				Cuando en una bodega se almacene más de 500 t de sustancias peligrosas, excepto aquellas en que se almacenen en forma exclusiva sustancias de la clase 4.3 o en las que se almacenen mayoritariamente	X		

				<p>sustancias incompatibles con el agua, deberá contar con red húmeda externa, con una reserva de agua propia y exclusiva o una que asegure el suficiente volumen para otorgar una autonomía de, a lo menos, 60 minutos y un sistema de respaldo de suministro de energía para asegurar la impulsión del agua. La red húmeda podrá ser por bodega o por instalación y construida de acuerdo a normas americanas de protección contra el fuego NFPA 14, NFPA 20, NFPA 22, NFPA 24 u otra reconocida internacionalmente.</p>			
				<p>En aquellas zonas en que exista dificultad de abastecimiento de agua y donde las bodegas estén alejadas del radio urbano y de poblaciones, el propietario de la instalación podrá proponer un sistema alternativo a la Autoridad Sanitaria que reemplace la red húmeda, que asegure las mismas condiciones de seguridad contra incendio. Dicha propuesta deberá ser analizada por la Autoridad Sanitaria.</p>	X		
				<p>Deberán contar con un sistema automático de detección de incendios, el cual debe ser diseñado de acuerdo a la NFPA 72, u otra norma internacionalmente reconocida.</p>	X		
				<p>Adicionalmente y de acuerdo a lo estipulado para cada clase de sustancia, deberá contar con sistema de extinción automática de incendio, el cual deberá ser diseñado por un profesional idóneo y contar con un proyecto o memoria de</p>	X		

				cálculo, donde se especifique claramente el nombre, RUT y firma del profesional responsable.			
				Dicho sistema debe ser diseñado de acuerdo a la Norma Chilena Oficial N° 2095 del 2001, Normas americanas de protección contra el fuego NFPA, u otra internacionalmente reconocida, de acuerdo al agente extintor utilizado.	X		
	Almacenamiento de más de una clase de sustancia peligrosa y cuando se almacenen más de 2.500 t de sustancias peligrosas.	X		Deberá contar con un sistema de extinción automático de incendio, acorde a las sustancias almacenadas. Dicho sistema podrá ser sustituido por un sistema de extinción accionado manualmente en aquellas instalaciones que demuestren que dicho sistema manual será efectivamente operado durante las 24 horas del día, los 365 días del año, por personal debidamente capacitado para dicha función, como por ejemplo una brigada de emergencias.			
	Los elementos del sistema de extinción automáticos de incendio.	X		Deberán contar con certificación del fabricante, al menos de: válvulas y rociadores. En el caso de las bombas, éstas podrán ser certificadas o acreditar las mismas características de una bomba certificada. Para las bodegas existentes que no puedan acreditar el proyecto o memoria de cálculo original, deberán hacer una hoja de especificaciones técnicas del sistema, que incluya lo que se detalla a continuación, con excepción de las normas de diseño, si no se cuenta con ellas.			

			<p>El proyecto y/o memoria de cálculo debe incluir, a lo menos, la siguiente información: Especificaciones técnicas y ubicación de los rociadores. Diámetro de los ductos. Presión y caudal de operación. Tipo de agente extintor. Especificaciones técnicas de las bombas. Capacidad de los estanques. Normas de diseño utilizadas.</p> <p>Para proyectos que instalen su sistema con posterioridad a la fecha de vigencia del presente reglamento, deberá haber una comprobación integral, de acuerdo al proyecto y memoria de cálculo, incluyendo, en todo caso, lo siguiente: Verificación de los componentes del sistema, especialmente los dispositivos de disparo y alarma. Comprobación de la carga de agente extintor y del indicador de la misma. Comprobación del estado del agente extintor.</p>			
Los sistemas de detección y extinción de incendios deberán contar con un programa de revisión, del cual se llevará un registro de vigencia, de acuerdo a la siguiente periodicidad mínima:	X	D) Cada tres meses: Sistemas automáticos de detección y alarmas de incendios Comprobación de funcionamiento de las instalaciones. Sustitución de pilotos, fusibles, y otras partes defectuosas. Mantenimiento de baterías y pilas.	X			
		Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios Verificación por inspección de depósitos, válvulas, motobombas, accesorios y demás elementos.	X			
		Comprobación de funcionamiento automático y manual de la instalación de acuerdo con las instrucciones del fabricante o instalador.	X			

				Mantenimiento de baterías, verificación de niveles (combustibles, agua, aceite). Verificación de accesibilidad a elementos, limpieza general.	X		
				Tomas de incendio equipada Comprobación de la buena accesibilidad y señalización de los equipos. Comprobación por inspección de todos los componentes, procediendo a desenrollar la manguera en toda su extensión y accionamiento de la boquilla en caso de ser de varias posiciones. Comprobación, por lectura del manómetro, de la presión de servicio. Limpieza del conjunto y engrase de cierres y bisagras en puertas del armario.	X		
				Grifos internos Comprobar la accesibilidad a su entorno y la señalización en los hidrantes enterrados. Inspección visual comprobando la estanquidad del conjunto. Quitar las tapas de las salidas, engrasar las roscas.	X		
				Sistemas fijos de extinción - Rociadores de agua - Agua pulverizada - Polvo - Espuma - Agentes extintores gaseosos - Pitones Monitores.	X		
				Comprobación de que las boquillas del agente extintor o rociadores están en buen estado y libres de obstáculos.	X		
				Comprobación del buen estado de los componentes del sistema, especialmente de la válvula de prueba en los sistemas de rociadores, o los mandos manuales de la	X		

				instalación de los sistemas de polvo o agentes extintores gaseosos.			
				Comprobación de los estados de carga de la instalación de los sistemas de polvo, y de las botellas de gas impulsor cuando existan	X		
				Comprobación de los circuitos de señalización, pilotos, en los sistemas con indicaciones de control.	X		
				Limpieza general de todos los componentes.	X		
				II) Cada seis meses: Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios Accionamiento y engrase de válvulas. Verificación y ajuste de prensaestopas. Verificación de velocidad de motores con diferentes cargas. Comprobación de alimentación eléctrica, líneas y protecciones.	X		
				Grifos internos. Engrasar la tuerca de accionamiento o rellenar la cámara de aceite del mismo. Abrir y cerrar el hidrante, comprobando el funcionamiento correcto de la válvula principal y del sistema de drenaje.	X		
				III) Cada Año: Sistemas automáticos de detección y alarma de incendio Verificación integral de la instalación. Limpieza del equipo de centrales y accesorios. Verificación de uniones roscadas o soldadas.	X		
				Regulación de tensiones e intensidades. Verificación de los equipos de transmisión de alarma. Prueba final de la	X		

				instalación con cada fuente de suministro eléctrico			
				Sistema de abastecimiento de agua contra incendios. Gama de mantención anual de motores y bombas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Limpieza de filtros y elementos de retención de suciedad en alimentación de agua.	X		
				Prueba del estado de carga de baterías y electrolito de acuerdo con las instrucciones del fabricante.	X		
				Tomas de incendio equipadas Desmontaje de la manguera y ensayo de ésta en lugar adecuado. Comprobación del correcto funcionamiento de la boquilla en sus distintas posiciones y del sistema de cierre. Comprobación de la estanquidad y de mangueras y estado de las juntas.	X		
				Sistemas fijos de extinción - Rociadores de agua - Agua pulverizada – Polvo - Espuma.	X		
				A los extintores y sistemas manuales de extinción de incendio, se les realizará la mantención de acuerdo a lo indicado en el decreto N° 594 de 1999 del Ministerio de Salud.	X		
52	Las bodegas para sustancias peligrosas que contengan líquidos.	X		Deberán tener un sistema de control de derrames, el que podrá consistir en: Bodega auto contenida, con piso de pendiente no inferior a 0,5% que permita el escurrimiento del derrame hacia una zona de acumulación o con contención perimetral a través de soleras y/o lomos de toro. Sistema de recolección	X		

				conectado a una cámara de contención estanca la que tendrá un volumen equivalente al 110% del envase de mayor capacidad, con un mínimo de 1,1 m3.			
	En el caso de almacenarse sustancias incompatibles.		X	Deberá contar con sistemas de contención separados.			
	Adicionalmente, tanto las bodegas que almacenen líquidos como sólidos.		X	Deberán contar con agentes de absorción y/o neutralización.			
53	Las bodegas para sustancias peligrosas	X		Deberán contar con un Plan de Emergencias, según lo estipulado en el Título XIII de este reglamento.	X		
54	Deberá mantenerse una distancia de 0.5 m entre las sustancias peligrosas almacenadas y los muros.	X		Se exceptuarán de esta última distancia aquellas bodegas de una superficie menor o igual a 120 m2 y aquellos que almacenen en estanterías o racks. Sin perjuicio de lo anterior, los almacenamientos sobre piso o en pallets, deberán ser estables por sí solos y no podrán usar los muros para apoyar o estabilizar las pilas de almacenamiento.	X		
55	Las sustancias incompatibles entre sí		X	Deberán estar a una distancia mínima de 2,4 m entre ellas, la que no necesariamente debe ser libre.			
56	Las pilas de sustancias dispuestas directamente sobre el piso	X		Tendrán como máximo un largo de 8 m, un ancho de 6 m y una altura de 1 m, excepto cuando el envase supere esta altura o cuando los envases sean del tipo encajables, en cuyo caso la altura podrá ser hasta 1,5 m. La altura de estas pilas podrá ser de 2 m cuando las sustancias se encuentren en sacos y de 3,5 m cuando las sustancias se encuentren en maxisacos.	X		

57	Si las pilas están conformadas por pallets, con sustancias envasadas en sacos y cajas.		X	Tendrán una altura máxima de 3 m y de 4 m, cuando las sustancias estén en tambores, en contenedores IBC o maxisacos, y un largo y ancho tal que se cumplan las condiciones relativas a las puertas de escape establecidas en el artículo 38 de este reglamento.			
58	Cuando las sustancias se almacenen en estantería	X		Tendrán un largo y ancho tal que las puertas de escape se mantengan despejadas, y se cumplan las condiciones de ubicación establecidas en el artículo 38 de este reglamento, y una altura que deberá ser respaldada por una memoria de cálculo que incluya el análisis estructural de las estanterías, donde el criterio de diseño deberá regirse por las tensiones admisibles. Para instalaciones existentes, sólo deberán presentar esta memoria de cálculo aquellas estanterías que superen la altura máxima de almacenamiento de 8 m.	X		
59	En toda bodega de sustancias peligrosas	X		Deberá asegurar un espacio libre de al menos 1 m entre la carga máxima y las luminarias y/o techumbre. Esta distancia debe mantenerse en toda la superficie de almacenamiento.	X		
60	Deberán existir duchas y lavaojos de emergencia	X		No más de 20 m de las puertas de carga/descarga, ya sea al interior o exterior de la bodega y 10 m de la zona de toma de muestras de estanques, que se encuentren al interior de una bodega, con un caudal suficiente que asegure el escurrimiento de la sustancia a limpiar.	X		
				El cabezal de la ducha de emergencia deberá tener un diámetro suficiente para	X		

				impregnar totalmente al afectado, como mínimo deberá ser de 20 cm.			
				Los accesos a las duchas y lavaojos de emergencia deberán estar libres de obstáculos, debidamente señalizados y sus aguas residuales deberán ser canalizadas a un sistema de desagüe u otro sistema de contención.	X		
				Se exceptúan de la exigencia establecida en este artículo, aquellas empresas que almacenen sólo sustancias de las divisiones 2.1 y/o 2.2 en estado gaseoso. En caso de almacenamiento de sustancias clase 4.3 las duchas y lavaojos deberán ubicarse al exterior de la bodega.	X		
62	Cuando existan bodegas de almacenamiento con estándares superiores a los exigidos en este reglamento.		X	Se aplicarán los requisitos establecidos de acuerdo a las cantidades almacenadas y no al tipo de bodega.			
TÍTULO III ZONA DE CARGA Y DESCARGA DE PRODUCTOS ENVASADOS							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
63	Cuando la carga y descarga de las sustancias peligrosas se realice al exterior de la bodega	X		Éstas se podrán mantener de manera transitoria en esa zona, siempre que sean despachadas durante la jornada diaria de trabajo, normal	X		
64	Las zonas de carga y descarga, al exterior de la bodega	X		Deberán contar con: piso sólido, resistente a la acción del agua, un sistema de control de derrames y materiales absorbentes para sustancias líquidas, material de contención para sustancias sólidas y un sistema manual de extinción de incendios.	X		

				Aquellas instalaciones que almacenen sólo sustancias de la clase 2, podrán exceptuarse de contar con piso resistente a la acción del agua y sistema de control de derrames en estas zonas.	X		
				Si las sustancias que se mantienen en la zona de carga y descarga al exterior requieren protección contra las condiciones climáticas, se deberán proteger, al menos, con techo con cubierta liviana.	X		
TÍTULO IV ALMACENAMIENTO DE GASES ENVASADOS							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
65	Están sujetas a las disposiciones del presente Título, las siguientes sustancias peligrosas pertenecientes a la clase 2, de la NCh 382:2013: 2.1 Gases inflamables 2.2 Gases no inflamables y no tóxicos, y 2.3 Gases tóxicos.						
66	En las bodegas donde se almacenan gases	X		Se deberán cumplir las condiciones de almacenamiento establecidas en los Títulos I y II del presente reglamento, sin perjuicio de las normas especiales que se establecen en este Título.	X		
	Los gases envasados en cilindros	X		Podrán almacenarse en bodegas de sustancias peligrosas de acuerdo a las cantidades que se indican en los artículos siguientes. Si superan dichas cantidades deberán almacenarse en áreas exclusivas para gases, que deberán estar cercadas con muros o rejas de material incombustible, en caso de contar con techo, deberá asegurar una ventilación tal	X		

				que no permita la acumulación de gases al interior del recinto; con piso liso.			
	En caso de almacenamiento de gases en áreas cercadas con rejas		X	Se podrán exceptuar de un sistema de detección automático de incendios.			
67	Los cilindros llenos	X		Deberán almacenarse separados de los vacíos.	X		
				Estas distintas áreas deben estar claramente señalizadas de acuerdo a su condición de "Cilindros Llenos" o "Cilindros Vacíos".	X		
				Todos los cilindros deben ser dispuestos en su posición normal de uso o almacenamiento y sujetos, encadenados a la pared o con una baranda o sistema que impida su volcamiento.	X		
68	Los distintos tipos de gases	X		Deben almacenarse cumpliendo con las indicaciones de los artículos siguientes, de acuerdo con su clasificación y división de riesgo y deben estar debidamente señalizados, de acuerdo a lo indicado en la NCh 2190 Of.2003, oficializada por decreto N° 43 de fecha 23.04.2004 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.	X		
				Los gases oxidantes no deberán almacenarse en conjunto con aceites, grasas o derivados del petróleo.	X		
PÁRRAFO I GASES INFLAMABLES							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
69	Se podrá almacenar hasta 3 m2 de gases inflamables en cilindros en bodegas de sustancias peligrosas y hasta 4 m2 en bodegas exclusivas de inflamables en	X		Áreas superiores a éstas deben almacenarse en una zona exclusiva para gases en cilindros.	X		

	conjunto con líquidos y sólidos inflamables.						
	En caso de almacenarse gases inflamables junto con otros cilindros de otras clases incompatibles.		X	Deberá mantener una distancia mínima de 6 m entre ellos o un muro divisorio de RF 120, de material no combustible, de una altura de 0.5 m por sobre el cilindro con una altura mínima de 2 m.			
70	En las áreas de almacenamiento de gases inflamables envasados las instalaciones eléctricas.		X	Deberán ser a prueba de explosión o intrínsecamente segura u otro sistema que asegure igual o mayor protección.			
71	Las áreas de almacenamiento de gases inflamables	X	*	Deberán contar con techo con cubierta liviana e incombustible.	X		
72	Las áreas de almacenamiento de gases inflamables en cilindros del tipo adyacente.	X	*	Deberán tener muros divisorios comunes, Cortafuego, de RF mínima de 180 y no combustible, cuando la o las otras construcciones no estén destinadas al almacenamiento de gases en cilindros.	X		
	Para superficies de almacenamiento desde 3 y hasta 30 m2, que estén provistas de rejas.		X	Deberán emplazarse a una distancia mínima de 6 m de los muros medianeros o deslindes de la instalación u otra construcción. En caso de tener muro sólido y no combustible de RF 120 dicha distancia se reducirá a 3 m.			
	Las áreas de almacenamiento superior a 30 m2 que estén provistas de rejas.		X	Deberán ubicarse a una distancia mínima de 10 m de muros medianeros o deslindes de la instalación y de cualquier otra construcción. Si tiene muro sólido y no combustible de RF 120, dicha distancia se reducirá a 6 m.			
73	Las áreas de almacenamiento de superficie mayor a 30 m2.		X	Deberán tener un sistema de enfriamiento con una autonomía mínima de 60 minutos.			
	Los sistemas de enfriamiento		X	Deberán ser diseñados por un profesional idóneo y contar con un proyecto y/o			No cuenta con sistemas de enfriamiento.

				<p>memoria de cálculo, donde se especifique claramente el nombre, RUT y firma del profesional responsable. El proyecto o memoria de cálculo debe incluir, a lo menos, la siguiente información:</p> <p>Especificaciones técnicas. Características especiales de combustión de los gases almacenados. Presión y caudal de operación. Tipo de agente extintor.</p> <p>Especificaciones técnicas de las bombas.</p> <p>Plan de mantenimiento, con registro de las mantenciones.</p>			
74	Almacenamiento de aerosoles.	X		Se podrán almacenar hasta 35 t de aerosoles.	X		
	En bodegas exclusivas de inflamables del tipo adyacente.	X		se podrán almacenar hasta 350 t de aerosoles.	X		
	En bodegas exclusivas de inflamables del tipo separado.	X		Sólo podrá almacenarse en una bodega exclusiva para aerosoles, la que deberá cumplir con las condiciones de una bodega exclusiva de productos inflamables.	X		
	Una cantidad mayor de aerosoles		X	Sólo podrá almacenarse en una bodega exclusiva para aerosoles, la que deberá cumplir con las condiciones de una bodega exclusiva de productos inflamables.			
	Cuando se almacenen aerosoles en una cantidad mayor a 35 t en conjunto con otros inflamables.		X	los muros de la bodega deberán ser de hormigón mínimo del tipo H-30. Para el caso de bodegas exclusivas de aerosoles, mayores a 350 t, los muros deberán ser de hormigón mínimo del tipo H-40 y los productos deberán estar almacenados a una distancia mínima de 1.5 m a los muros perimetrales.			

	Los gases inflamables en envases distintos a cilindros y en un volumen inferior a 1 L.	X		Serán asimilados a aerosoles y deberán cumplir las exigencias establecidas en este artículo.	X		
PÁRRAFO II GASES NO INFLAMABLES Y NO TÓXICOS							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
75	Se podrán almacenar gases no inflamables y no tóxicos en bodegas para sustancias peligrosas ya sea del tipo adyacente o separada		X	Siempre y cuando los cilindros ocupen una superficie de hasta 8 m2. Por sobre esta cantidad, estos gases deberán almacenarse en cilindros en un área exclusiva para gases. Esta área deberá tener un distanciamiento al muro medianero o deslinde del sitio de 5 m y de 3 m a cualquier otra construcción al interior del sitio.	X		
PÁRRAFO III GASES TÓXICOS							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
76	El almacenamiento de gases tóxicos sobre 3 cilindros o 300 Kg cartridge		X	Debe realizarse en un área exclusiva para ello. Dicha área deberá contar con techo con cubierta liviana y, en caso de ser una bodega, tener un sistema de detección automático para el gas específico y acciones de control en caso de fuga. Si no existiesen detectores específicos, será obligatorio el uso de equipos de protección personal para el manejo de este tipo de gases, como por ejemplo: máscaras con filtros específicos para sustancias manejadas y/o equipos de respiración autónomos para el personal.			
	Cuando se almacenen más de 5 cilindros		X	Se deberá contar con, al menos, dos equipos de respiración autónoma, para			

				respuesta a emergencias. Esta área deberá tener un distanciamiento al muro medianero o deslinde de la instalación de 10 m y de 3 m a cualquier otra construcción al interior del sitio.			
TÍTULO V ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS INFLAMABLES EN ENVASES							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
77				Se rigen por las disposiciones de este título las sustancias peligrosas pertenecientes a la Clase 3 de la NCh 382:2013.			
78	Cuando se almacenen más de 10 t de líquidos inflamables		X	Las bodegas deberán cumplir los requisitos establecidos en el presente título.			
79	En las bodegas donde se almacenan líquidos inflamables	X		Deberán cumplir las condiciones de almacenamiento establecidas en el Título I y Título II de este reglamento, sin perjuicio de las normas especiales que, para algunos tipos de bodegas, se establecen en el presente título.	X		
80	En bodegas exclusivas para inflamables del tipo adyacente	X		Podrá almacenarse hasta 100 t de líquidos inflamables o líquidos inflamables en conjunto con aerosoles, sólidos inflamables y/o gases inflamables, teniendo presente las limitaciones para aerosoles establecidas en el artículo 74 de este reglamento.	X		
				Cuando la cantidad sea superior a 30 t, la bodega deberá contar con sistema automático de extinción de incendios, diseñado de acuerdo a lo indicado en el artículo 51 de este reglamento.	X		
				Deberán tener muros divisorios comunes, cortafuegos con una RF mínima de 180 y los muros externos deberán tener una RF	X		

				mínima de 120. Todos los muros deberán ser de material no combustible, y deberán contar con techo con cubierta liviana.			
81	En bodegas exclusivas para inflamables, del tipo separada	X		Podrá almacenarse hasta 1.000 t de líquidos inflamables o líquidos inflamables en conjunto con aerosoles y/o sólidos inflamables, teniendo presente las limitaciones para aerosoles establecidas en el artículo 74 de este reglamento.	X		
				Cuando la cantidad sea superior a 50 t deberá contar con sistema automático de extinción de incendios, y cuando sea mayor a 100 t, deberá contar con red húmeda de acuerdo a lo indicado en el artículo 51.	X		
				Deberán tener muros externos con una RF mínima de 120. Todos los muros deberán ser de material no combustible, y deberán contar con techo con cubierta liviana.	X		
82	Las bodegas exclusivas para inflamables, tanto adyacentes como separadas	X		Deberán contar con instalaciones eléctricas a prueba de explosión o Intrínsecamente segura u otro sistema que otorgue igual o mayor protección, de acuerdo a normativa nacional o extranjera.	X		
83	Las bodegas que almacenan sustancias inflamables, adyacentes o separadas	X		Podrán ubicarse en una zona mixta, que permita bodegas, siempre que mantengan una distancia mínima de 3 m a sus muros medianeros o deslindes cuando en ellas se almacenen hasta 10 t y de 5 m, cuando se almacenen sobre 10 t y no superen las 30 t.	X		
	Las bodegas del tipo adyacentes que almacenen sustancias inflamables	X		Podrán instalarse en zonas industriales, debiendo mantener una distancia mínima	X		

				tenga una temperatura de inflamación en ensayo de copa cerrada, mayor de 37.8°C.			
				Para líquidos inflamables con temperaturas de inflamación menores o iguales a lo indicado anteriormente, los envases sólo podrán ser metálicos.	X		
				Sin perjuicio de lo indicado en el inciso anterior, se podrá usar como referencia la tabla de tamaños máximos permisibles de la NFPA 30, de acuerdo a la clasificación de líquidos inflamables y el material y tipo de envases allí indicados.	X		
TÍTULO VI ALMACENAMIENTO DE SÓLIDOS INFLAMABLES EN ENVASES							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
85	<p>Se rigen por las disposiciones del presente título las siguientes sustancias peligrosas pertenecientes a la Clase 4, de la NCh 382:2013:</p> <p>4.1 Sólidos inflamables.</p> <p>4.2 Sólidos con riesgo de combustión espontánea, y</p> <p>4.3 Sólido inflamable que al contacto con el agua desprende gases inflamables</p>						
86	En las bodegas donde se almacenan sólidos inflamables		X	Deberán cumplir las condiciones de almacenamiento establecidas en los Títulos I y II de este reglamento, sin perjuicio de las normas especiales que se establecen en el presente título.			
87	Los sólidos inflamables de la clase 4.1 y 4.2		X	Podrán almacenarse en bodega de sustancias peligrosas hasta 10 t y los de la clase 4.3 hasta 1,5 t.			
				Las cantidades superiores a las indicadas deberán almacenarse en bodega exclusiva para inflamables, con excepción de la clase 4.3 la cual deberá almacenarse en forma independiente de los demás			

				inflamables, con muros divisorios internos con RF mínima de 120.			
88	En bodegas exclusivas para inflamables, del tipo adyacente		X	Podrá almacenarse hasta 100 t de sólidos inflamables de la clase 4.3 en forma exclusiva, 4.1 y 4.2 en conjunto o sólidos inflamables, clase 4.1 y 4.2 en conjunto con aerosoles, líquidos inflamables y/o gases inflamables, teniendo presente las limitaciones para aerosoles establecidas en el artículo 74 de este reglamento.			
				Cuando la cantidad sea superior a 30 t, la bodega deberá contar con sistema automático de extinción de incendios, diseñado de acuerdo a lo indicado en el artículo 51, de este reglamento			
	Las bodegas exclusivas para inflamables, del tipo adyacente		X	Deberán tener muros divisorios comunes, cortafuegos con una RF mínima de 180 y los muros externos deberán tener una RF mínima de 120. Todos los muros deberán ser de material no combustible y deberán contar con techo con cubierta liviana.			
89	En bodegas exclusivas para inflamables, del tipo separada		X	Podrá almacenarse hasta 1.000 t de sólidos inflamables o sólidos inflamables en conjunto con aerosoles y/o líquidos inflamables, teniendo presente las limitaciones para aerosoles establecidas en el artículo 74 de este reglamento.			
				Cuando la cantidad sea superior a 50 t deberá contar con sistema automático de extinción de incendios, y cuando sea mayor a 100 t, deberá contar con red húmeda de acuerdo a lo indicado en el artículo 51.			
				Deberán tener muros externos con una RF mínima de 120. Todos los muros			

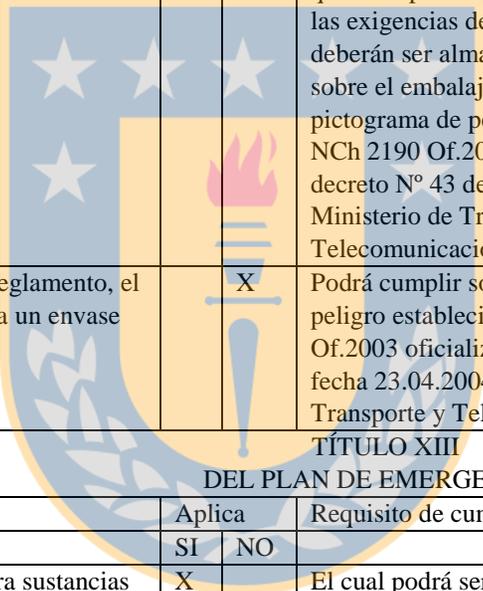
				deberán ser de material no combustible. La instalación deberá contar con techo con cubierta liviana.			
90	Las bodegas exclusivas para inflamables, tanto adyacentes como separadas		X	Deberán contar con instalaciones eléctricas a prueba de explosión o intrínsecamente segura u otro sistema que otorgue igual o mayor protección.			
91	Las bodegas que almacenan sustancias inflamables, adyacentes o separadas		X	Podrán ubicarse en una zona mixta que permita bodegas, siempre que mantengan una distancia mínima de 3 m a sus muros medianeros o deslindes cuando en ellas se almacenen hasta 10 t y 5 m, cuando se almacenen sobre 10 t y no superen las 30 t.			
	Las bodegas del tipo adyacentes que almacenen sustancias inflamables		X	Podrán instalarse en zonas industriales, debiendo mantener una distancia mínima de 5 m a sus muros medianeros o deslindes.			
	Las bodegas del tipo separada que almacenen sustancias inflamables		X	Podrán instalarse en zonas industriales, debiendo mantener una distancia mínima de 5 m a sus muros medianeros o deslindes cuando en ellas se almacenen hasta 200 t; de 7 m cuando en ellas se almacenen más de 200 t y hasta 500 t y 10 m cuando almacenen sobre 500 t.			
	Las bodegas que almacenen más de 30 t de inflamables sean éstas adyacentes o separadas		X	Podrán determinar el distanciamiento a cualquier otra construcción dentro su predio, aplicando Análisis de Consecuencias, de acuerdo a lo establecido en el artículo 44 del presente reglamento, o los distanciamientos mínimos de la tabla que se indica a continuación Cantidad (t) Distancia a otras construcciones(m) Hasta 200			

				3 Entre 200 y 500 5 Entre 500 y 1000 8			
TÍTULO XII DEL ETIQUETADO							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
182	Todas las sustancias peligrosas reguladas por este reglamento deberán estar etiquetadas mediante un recuadro de seguridad, de acuerdo a lo establecido en el presente Título, excepto formulaciones de plaguicidas, fármacos y productos cosméticos los que se regirán por las disposiciones de su respectiva reglamentación específica.	X		El recuadro de seguridad de los productos terminados debe contener la información detallada en los siguientes artículos para las sustancias peligrosas que los componen.	X		
183	Los envases y los envases/embalajes	X		Se etiquetarán en idioma español, con letra legible. Los elementos del recuadro de seguridad deberán destacar claramente del fondo y tener un tamaño y llevar una separación que faciliten su lectura, deberán estar dispuestos en forma horizontal cuando el envase se encuentre en su posición normal.	X		
184	El recuadro de seguridad	X		Deberá contener como mínimo la siguiente información (considerando las restricciones de la tabla del artículo 187), correspondiente a la sustancia o a la mezcla de acuerdo a lo establecido en la NCh 382:2013, lo cual debe ser concordante con lo señalado en la Hoja de Datos de Seguridad:	X		
				Identificación del producto. Designación oficial. Número UN	X		

				Identificación del proveedor. Nombre, dirección y teléfono del fabricante, importador y/o distribuidor.	X		
				Indicaciones de Seguridad. Medidas de primeros auxilios relativas a la ingestión, inhalación, contacto con la piel, contacto con los ojos, según corresponda. Información toxicológica sobre efectos agudos y crónicos asociados a la ingestión, inhalación, contacto con la piel, contacto con los ojos, según corresponda. Precauciones para la manipulación y almacenamiento seguro. Adicionalmente, los productos destinados a uso doméstico o aquellos que se comercialicen en los locales incluidos en el Título XI del presente reglamento, deberán llevar la identificación y teléfono de algún centro de información toxicológica, el cual a su vez deberá contar con la información de los componentes peligrosos de los respectivos productos.	X		
				Pictogramas. Deberán llevar un pictograma, de acuerdo a lo establecido en la NCh 2190 Of.2003, oficializada por decreto N° 43 de fecha 23.04.2004 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, excepto en lo referido a sus dimensiones. Se deberá adicionar, cuando corresponda, el pictograma de peligro secundario, en un tamaño igual o inferior al pictograma de peligro principal y estar ubicado a no más de 10 cm de este último. Los gases	X		

			<p>comprimidos deberán etiquetarse de acuerdo a lo establecido en las normas NCh 1025 Of.1990, oficializada por decreto N°16 de fecha 30.01.90 del Ministerio de Salud y NCh 1377 Of.1990, oficializada por decreto N° 383 de fecha 16.05.91 del Ministerio de Salud.</p>			
			<p>Sin perjuicio de lo establecido en este artículo, se aceptará que los envases de las sustancias o productos peligrosos tengan etiqueta en español bajo el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS), siempre y cuando lleven adicionalmente el pictograma de peligro correspondiente de la NCh 2190 Of.2003, oficializada por decreto N° 43 de fecha 23.04.2004 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.</p>	X		
185	<p>El etiquetado deberá ser indeleble y estar fijado firmemente o impreso directamente a lo menos en la cara principal del envase, con las dimensiones que a continuación se indican:</p>	X	<p>Tamaño de envase: Superficie min. Recuadro de seguridad (cm2): Información de la etiqueta o recuadro de seguridad: Dimensión min. De pictogramas (lado en cm). Menores a 100 ml: no aplica: En la etiqueta se debe incluir pictograma, nombre químico de la sustancia (s) peligrosa (s), e identificación proveedor.: 0.8 x 0.8. Entre 100 ml y menor a 200 ml: 25: incluir toda la información indicada en el artículo 186, excepto la identificación del proveedor, que debe ir fuera del recuadro de seguridad.: 1 x 1. Entre 200 ml y hasta 1 L.: 50: incluir la</p>	X		

				<p>información indicada en el artículo 186, excepto la identificación del proveedor, que debe ir fuera del recuadro de seguridad: 1.5 x 1.5. Mayor a 1L y hasta a 5L: 100: Incluir toda la información indicada en el artículo 186, excepto la identificación del proveedor, que debe ir fuera del recuadro de seguridad: 2x 2. Mayor a 5L y hasta 10 L: 200: Incluir toda la información indicada en el artículo 186, excepto la identificación del proveedor, que debe ir fuera del recuadro de seguridad: 3x3. Mayor a 10 L y hasta 20 L: 300: Incluir toda la información indicada en el artículo 186, excepto la identificación del proveedor, que debe ir fuera del recuadro de seguridad: 4 x 4. Mayor a 20 L: 600: Incluir toda la información indicada en el artículo 186. Podrá llevar información adicional a la exigida en el presente reglamento, siempre y cuando no ocupe más de un 25% de la superficie del recuadro de seguridad 9 x 9.</p>			
186	En caso de aquellas sustancias o productos que deban cumplir adicionalmente con otras normativas respecto a etiquetado		X	la información respectiva deberá incorporarse fuera de este recuadro de seguridad, con excepción en aquellos envases mayores a 20 L, en que la superficie del recuadro podrá tener una superficie mayor a la requerida en este reglamento, para poder incorporar dicha información.			
187	No podrán figurar en la etiqueta ni en el envase/embalaje de las sustancias reguladas, indicaciones tales como «no	X		Que induzcan a error respecto a la peligrosidad del producto contenido.	X		

	tóxico», «inocuo» o cualquiera otra análoga						
188	En el caso que los envases que contienen sustancias o productos peligrosos importados no cumplan con las exigencias de etiquetado aquí dispuestas, se encuentren embalados y no se pretenda desembalarlos durante su almacenamiento.		X	Será responsabilidad del importador o distribuidores que los recuadros de seguridad estén disponibles en forma impresa y sean distribuidos en conjunto con las respectivas sustancias o productos a sus clientes. En el caso de productos que se exportan podrán exceptuarse de las exigencias del etiquetado, pero deberán ser almacenadas embaladas y sobre el embalaje contar con el pictograma de peligro establecido en la NCh 2190 Of.2003 oficializada por decreto N° 43 de fecha 23.04.2004 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.			
189	Para efectos del presente reglamento, el embalaje que no constituya un envase		X	Podrá cumplir sólo con el pictograma de peligro establecido en la NCh 2190 Of.2003 oficializada por decreto N° 43 de fecha 23.04.2004 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones			
 <p>TÍTULO XIII DEL PLAN DE EMERGENCIAS</p>							
Artículo	Requisito normativo	Aplica		Requisito de cumplimiento	Cumple		Observaciones
		SI	NO		SI	NO	
190	Todas las instalaciones para sustancias peligrosas y los locales comerciales que vendan estas sustancias deberán contar con un Plan de emergencias.	X		El cual podrá ser parte integral del plan de emergencia general de la empresa, cumpliendo con lo establecido en el artículo 8 de la ley 20.564, Ley Marco de Bomberos de Chile, y que incluya los siguientes apartados, según corresponda:	X		
				a) Plano a escala del predio y su entorno, considerando un radio de 50 m a la redonda desde los deslindes del sitio de la	X		

			<p>empresa, detallando al menos lo siguiente. Sectores de producción. Sectores de oficinas. Casino(s). Instalaciones de almacenamiento de sustancias peligrosas, indicando para cada una de ellas las clases y divisiones de peligrosidad de las sustancias almacenadas, de acuerdo a la NCh 382:2013. Vías de evacuación, zonas de seguridad. Sistemas de seguridad, tales como: red húmeda, red seca, sistemas manuales contra incendio, sistemas de control de derrames.</p>			
			<p>b) Plano de cada instalación de almacenamiento de sustancias peligrosas, especificando la clase de sustancia almacenada de acuerdo a la NCh 382:2013.</p>	X		
			<p>c) Listado de sustancias peligrosas almacenadas por instalación de almacenamiento, detallando lo siguiente para cada sustancia: Nombre químico y común. Cantidad promedio mensual estimada Capacidad máxima de la bodega. Clase y división de peligrosidad, de acuerdo a la NCh 382:2013. Hoja de datos de seguridad de acuerdo a la NCh 2245:2015; Hoja de datos de seguridad para productos químicos - Contenido y orden de las secciones.</p>	X		
			<p>d) Cadena de mando. Director para las emergencias y Director(es) Alterno(s) (persona o cargo), definiendo sus responsabilidades y funciones. Cadena de mando, indicando los nombres, teléfonos</p>	X		

				y cargos de los principales encargados. Responsabilidades, funciones y mecanismos de coordinación de cada individuo dentro de la empresa (trabajadores, contratistas, visitas).			
				<p>e) Procedimiento de emergencia: Identificación de los posibles tipos de emergencia, tales como: incendios, explosiones, derrames y fugas y los criterios que justifican la activación del Plan, describiendo para cada tipo los procedimientos a seguir para el alza de la alarma, respuesta, evacuación y seguimiento de la emergencia. Adicionalmente, se deben definir las condiciones bajo las cuales se puede considerar terminada la emergencia y las eventuales medidas de reparación de daños y contaminación.</p> <ul style="list-style-type: none"> . Sistemas de comunicación. . Procedimientos para informar oportunamente a la Autoridad Sanitaria y a otras autoridades con competencia, sobre la ocurrencia de la emergencia. . Definir las emergencias que podrían requerir ayuda externa, detallando el tipo de ayuda, cómo movilizarla y a quien se solicitará. . Definir y señalar las zonas de seguridad al interior de la instalación. 	X		
				f) Listar equipos e instrumental disponibles en la instalación para detectar y analizar sustancias peligrosas y señalar su ubicación.	X		

			g) Listar sistemas y equipos disponibles en la instalación para enfrentar emergencias, señalar su ubicación y programas de mantenimiento.	X		
			h) Listar equipos y elementos de protección personal disponibles en la instalación y señalar su ubicación.	X		
			i) Mantenimiento de la Operatividad del Plan, incorporando simulacros al menos una vez al año, y que incluya lo siguiente: . Programa de capacitación anual sobre conocimientos básicos del Plan a todo el personal que trabaja en la empresa. . Programa de capacitación anual sobre conocimientos específicos del Plan al personal que pudiera estar involucrado directamente en una emergencia, incluyendo como mínimo: sustancias que se manejan y sus peligros asociados, letra e) de este artículo y prevención y extinción de incendios. . Programa de revisiones periódicas del Plan, al menos una vez al año. . Programación anual, definición y resultados de simulacros de activación del Plan.	X		
			Se debe mantener un registro de cada una de estas actividades realizadas.	X		



Anexo 3. Elementos para determinación de FIRSSO: índice de frecuencia, índice de severidad e índice de control.

a) Índice de frecuencia (IF):

Expresión intuitiva	Calificación de la frecuencia o probabilidad	Índice de frecuencia IF
Ocurre o puede ocurrir una vez en 3 años	Improbable	1
Ocurre o puede ocurrir una vez en 1 a 3 años	Remoto	2
Ocurre o puede ocurrir una vez por mes	Ocasional	3
Ocurre o puede ocurrir a diario	Frecuente	4

b) Índice de severidad (IS):

Expresión intuitiva	Clasificación de la severidad	Índice de severidad IS
Lesiones superficiales, cortes y contusiones menores, irritación ocular por polvo, malestar, enfermedad conducente a malestar temporal. Sin daño a la propiedad, máquinas o equipos. Se debiera considerar un daño, menor a US 1.000 y/o que el equipo siga trabajando.	Insignificante	1
Lesiones de ligamentos moderadas, laceraciones, quemaduras tipo A (1er	Dañino	2

<p>grado), contusiones moderadas, fracturas menores, sordera sin incapacidad, dermatitis moderada. Daños mayores o iguales a US 1.000.-</p>		
<p>Quemaduras AB (2do grado), B (3er grado), contusiones serias, fracturas moderadas, sordera con incapacidad, dermatitis serias, asma, desórdenes de los miembros superiores relacionados con el trabajo, enfermedades conducentes a discapacidades permanentes no indemnizables, intoxicaciones leves. Daños Mayores o iguales a US 20.000.</p>	Crítico	3
<p>Amputaciones, fracturas mayores, envenenamiento, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer ocupacional, otras enfermedades graves que limitan el tiempo de vida, discapacidades permanentes indemnizables, intoxicaciones graves, enfermedades agudas o muerte. Daños mayores o iguales a US 100.000.</p>	Catastrófico	4

c) Índice de control:

Expresión intuitiva	Calificación y jerarquización del control	Índice de frecuencia IC
Existen procedimientos documentados, son satisfactorios, el personal ha sido entrenado, se aplica Supervisión.	Satisfactorio	4
Existen procedimientos documentados, son satisfactorios, el personal ha sido entrenado	Parcial	3
Existen procedimientos no documentados, no son satisfactorios, el entrenamiento del personal es mínimo y no se aplica supervisión	Insatisfactorio	2
Existen procedimientos, el Personal no ha sido entrenado.	No existe	1

Anexo 4. NTP 329: Modelos de dispersión de gases y /o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas.

Modelo de dispersión de gases y/o vapores:

$$C = \frac{G}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

Siendo:

C = Concentración en el punto x, y, z (kg/m³), G = Intensidad de la emisión (kg/s), H = Altura de la fuente emisora sobre el nivel del suelo más la elevación del penacho (m), σ_y y σ_z = Coeficientes de dispersión (m), u = Velocidad del viento (m/s), z = Altura de la fuente emisora (m).

Correspondiendo a z igual a 1,5 m.

Para G (Intensidad de la emisión):

Para determinar la cantidad de emisión por cada segundo, se utilizó la siguiente ecuación:

$$G = \frac{[(Densidad \times Capacidad \text{ del estanque})]}{tiempo}$$

Para realizar este cálculo se necesitan los siguientes datos (Tabla 1):

Tabla 1. Datos gas licuado GLP.

Datos	Valores
Densidad del gas licuado GLP	536 kg/m ³ (Gas licuado del petróleo, 2012)
Masa total de fuga	90 kg
Volumen total de fuga	0,16 m ³
Capacidad del estanque	90 kg

Capacidad del estanque en m ³	0,16 m ³
Tiempo de fuga	60 segundos

Obteniéndose:

$$G = 1,42 \text{ kg/s}$$

Para H (Altura de la fuente emisora sobre el nivel del suelo más la elevación del penacho (m)).

Para esta altura se consideró la del techo de la bodega como límite:

$$H = 3 \text{ m.}$$

La utilización de la fórmula principal, está limitada a distancias entre 100 m y 10 km y es aplicable para cortos períodos de tiempo, hasta unos diez minutos, que es el tiempo promediado o tiempo de muestreo normalizado.

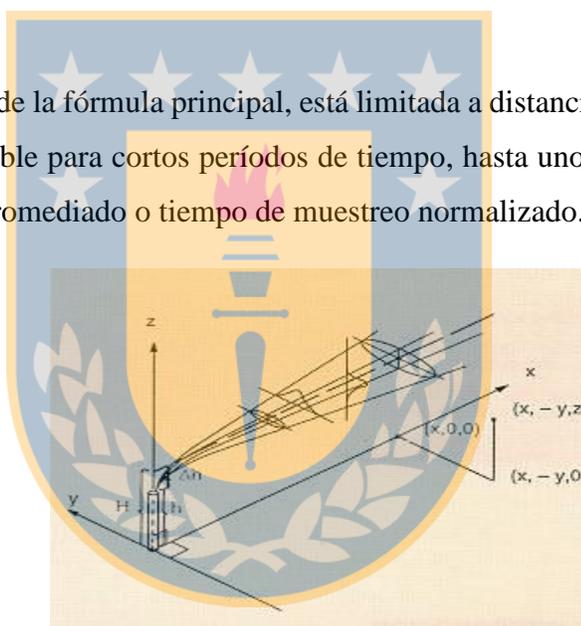


Figura 1. Sistema de coordenadas y geometría básica de la ecuación gaussiana del penacho.

Factores que influyen en la dispersión del penacho

Las condiciones meteorológicas y la duración del escape tienen una gran importancia en el alcance de la dispersión del penacho. Los factores principales son: la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica.

La estabilidad atmosférica viene definida en función del gradiente vertical de temperatura de las capas del aire.

Los datos de velocidad del viento y estabilidad atmosférica, siempre que sea posible, deben obtenerse de estaciones meteorológicas locales. Dado que no siempre es posible disponer de esta información, a través de una tabla establecida por Pasquill (Tabla 1) puede obtenerse la categoría de estabilidad atmosférica estimada según las condiciones de insolación y velocidad del viento.

Las estabilidades atmosféricas desde A hasta C comúnmente ocurren durante el día mientras el sol está brillando. Ya que la tierra está caliente se generan patrones de flujo convectivos los cuales generan turbulencia la cual es la encargada de la dispersión. Las clasificaciones E y F ocurren típicamente durante la noche con poco viento. La clasificación F ocurre únicamente durante la noche. La estabilidad G se utiliza exclusivamente durante la noche y sobre algún cuerpo de agua (mares, lagos, etc.), en este caso el gradiente de temperaturas será el motor que más influencia tenga en la dispersión. La estabilidad D representa una estabilidad neutral, es esta la que ocurre con mayor frecuencia. Cuando se tiene nubosidad con vientos desde ligeros hasta fuertes se puede utilizar la estabilidad D.

Tabla 1. Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill.

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Insolación diurna			Condiciones nocturnas	
	Fuerte	Moderada	Ligera	Finamente cubierto ó más de la mitad cubierto	Nubosidad $\leq 3/8$
<2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-4	B	B-C	C	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

De acuerdo a las condiciones de estabilidad descritas en a tabla 1, la velocidad del viento para la zona donde se realizó este estudio están expresadas en la tabla 2.

Tabla 2. Velocidad del viento corresponde:

Estación del año	Velocidad del viento (m/s)
Verano	2,60
Invierno	2,43

La velocidad del viento, fue obtenida a través de información facilitada por la Red Agroclima y de la estación meteorológica Los Ángeles, ubicada en la provincia del Biobío. Según esta velocidad, corresponde a las estabilidades meteorológicas que se encuentran entre las velocidades 2-3 m/s. Para este estudio, se consideró la velocidad del viento para verano e invierno, puesto que ambos están en el mismo intervalo de velocidades establecidas en la tabla 2, solo se consideró el día y la noche ya que los resultados de estabilidad meteorológica para ambos casos son iguales.

En este caso, se utilizó los extremos de estabilidad meteorológica para el día y la noche, siendo para el día A y C, y para una noche E y F.

La velocidad del viento se acostumbra a medir a 10 metros de altura.

Coefficientes de dispersión

En la formula inicial, los parámetros σ_y y σ_z son las desviaciones tipo en las direcciones lateral y vertical respectivamente, que representan una medida de la dispersión del penacho en dichas direcciones. Tales parámetros son función de la distancia a la fuente emisora viento abajo y de la clase (categoría) de estabilidad atmosférica definida anteriormente.

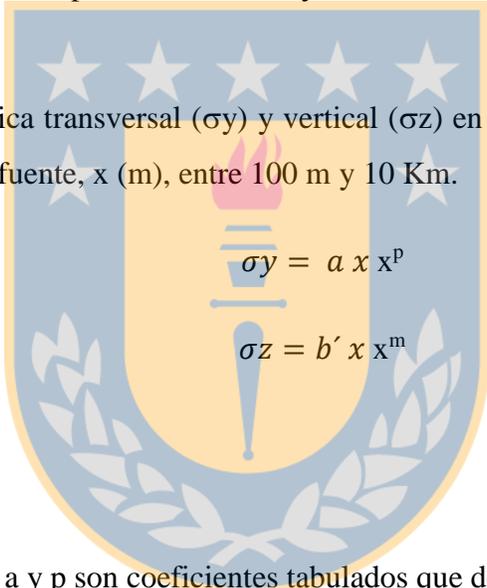
Estos coeficientes se suelen presentar en forma gráfica o pueden calcularse según fórmulas empíricas. Diferentes autores llegan a expresiones que difieren ligeramente.

Para este caso, se utilizó las formulas propuestas por Pasquill-Guilford para la determinación de los coeficientes de dispersión lateral σ_y y coeficiente de dispersión vertical σ_z .

Pasquill propuso las ecuaciones que se muestran a continuación y en las cuales aparece una dependencia de un coeficiente de rugosidad del terreno, z_0 , para el cálculo de σ_z . La rugosidad tiene en cuenta el efecto sobre el coeficiente de dispersión vertical, σ_z , de la vegetación exuberante, cultivos, edificios, etc., que cambian la forma vertical del penacho.

El coeficiente de dispersión lateral, “ σ_y ”, no se ve afectado por la rugosidad del terreno.

Desviación típica transversal (σ_y) y vertical (σ_z) en metros (m), ajustadas para distancias a la fuente, x (m), entre 100 m y 10 Km.


$$\sigma_y = a x x^p$$

$$\sigma_z = b' x x^m$$

En donde:

$$x = 100 \text{ m}$$

Los valores de a y p son coeficientes tabulados que dependen solo de la clase de estabilidad.

Los valores de b' y m dependen de la clase de estabilidad y del coeficiente de rugosidad del terreno: $b' = b'(z_0)$ y $m = m(z_0)$

Los valores de z_0 dependen del tipo de superficie y suelen tomarse los siguientes valores (Tabla 3):

Tabla 3. Valores de z_0 según tipo de superficie.

Tipo de superficie	Descripción	z_0 (m)
Terreno llano	Áreas abiertas con pocos arboles	0.003
Terreno agrícola	Aeropuertos, tierras arables, áreas abiertas con muchos árboles (se toma este valor por defeco cuando no hay información disponible)	0.10
Terreno cultivado	Invernaderos, áreas abiertas con vegetación densa, casas dispersas, etc.	0.30
Área residencial	Área con alta densidad de casas bajas, áreas arboladas, zonas industriales con obstáculos no demasiado grandes.	1.00
Área urbana	Ciudades con edificios elevados, áreas industriales con obstáculos grandes.	3.00

Para este caso, se consideró el valor de terreno agrícola, correspondiente a 0,10. Los coeficientes a , p , b' y m se dan en la tabla 4, en función de la rugosidad del terreno y del tipo de atmósfera y son ajustes de valores experimentales con validez estadística:

Tabla 4. Coeficientes para el cálculo de σ_y y σ_z

			$z_0 = 0.03$ m		$z_0 = 0.10$ m		$z_0 = 0.30$ m		$z_0 = 1.00$ m		$z_0 = 3.00$ m	
	A	P	b'	m	b'	m	b'	m	b'	m	b'	m
A	0,527	0,865	0,193	0,932	0,28	0,90	0,383	0,873	0,550	0,842	0,760	0,814
B	0,371	0,866	0,160	0,891	0,23	0,85	0,317	0,822	0,455	0,792	0,631	0,763
C	0,209	0,897	0,155	0,830	0,22	0,80	0,308	0,771	0,441	0,740	0,612	0,712
D	0,128	0,905	0,139	0,791	0,20	0,76	0,276	0,732	0,395	0,701	0,548	0,673
E	0,098	0,902	0,104	0,761	0,15	0,73	0,207	0,702	0,296	0,671	0,411	0,643
F	0,065	0,902	0,083	0,701	0,12	0,67	0,164	0,642	0,236	0,611	0,327	0,583

Obteniéndose en la tabla 5 los valores de σ_y y σ_z :

Tabla 5. Resultados de σ_y y σ_z para las estabildades atmosféricas A, C, E y F.

Estabilidad atmosférica	σ_y	σ_z
A	28,30	17,6
C	13,00	8,75
E	6,24	4,32
F	4,13	2,62

Por lo tanto, reemplazando en la formula inicial se obtiene (Tabla 6):

$$C = \frac{G}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

Tabla 6. Cantidad de concentración de contaminante de acuerdo a la estación del año.

Estación del año y estabilidad atmosférica	Concentración en kg/m ³ a los 100 m
Día de verano A	1,67 x 10 ⁻⁴
Día de verano C	1,41 x 10 ⁻³
Noche de verano E	4,89 x 10 ⁻³
Noche de verano F	8,59 x 10 ⁻³
Día de invierno A	1,80 x 10 ⁻⁴
Día de invierno C	1,51 x 10 ⁻³
Noche de invierno E	5,24 x 10 ⁻³
Noche de invierno F	9,19 x 10 ⁻³

Para dar la concentración en partes por millón, ppm, (Tabla 7). Empleamos la fórmula de transformación:

$$C_{ppm} = C_{kg/m^3} \frac{RT_a}{PM_0} 10^6$$

Tabla 7. Datos para transformar las concentraciones obtenidas a partes por millón.

Datos	Valores
Ta: Temperatura ambiente para invierno	8,8 °C (281,8 °K)
Ta: Temperatura ambiente para verano	19,35 °C (292,35 °K)
P: Presión atmosférica	1 atmosfera absoluta

Correspondiendo a la mezcla de gas licuado GLP (Tabla 8), 70% de propano y 30% de butano (Guevara, A. y Vinueza, J. (2005).

Tabla 8. Calculo del peso molecular del gas licuado GLP.

Datos	Valores
Peso molecular del propano	44,09 gr/ mol (Guevara, A. y Vinueza, J., 2005)
Peso molecular del butano	58,08 gr/mol (Guevara, A. y Vinueza, J., 2005)
Peso molecular del gas licuado GLP	48,29 gr/mol
R: Constante de los gases	0,082 $\frac{m^3 \times atm}{Kmol \times K^\circ}$

Obteniéndose los valores de concentración expresados en partículas por millón (Tabla 9):

Tabla 9. Concentración en partículas por millón de acuerdo a la estación del año y periodo del día.

Estación del año y estabilidad atmosférica	Concentración en partículas por millón (ppm) a los 100 m
Día de verano A	82,90
Día de verano C	699,96
Noche de verano E	2427,5
Noche de verano F	4264,3
Día de invierno A	89,35
Día de invierno C	86,13
Noche de invierno E	2507,4
Noche de invierno F	4397,5

Anexo 5. NTP 321: Explosiones de nubes de vapor no confinadas: evaluación de la sobrepresión

Las fórmulas para la evaluación de sobrepresiones con este método son las siguientes:

$$W = (\eta M E_c) / (E_c \text{ TNT})$$

Dónde:

W: Masa Equivalente de TNT (Kg.), η : Factor de Eficiencia de la Explosión (10%), M: Masa de Sustancia Inflamable Liberada (Kg.), E_c : Calor inferior de combustión del gas inflamable (KJ/Kg.), E_c TNT: Calor de combustión del TNT (4520 KJ/Kg.)

Para el desarrollo de esta ecuación se necesitan algunos datos de la sustancia gas licuado GLP (Tabla 1).

Tabla 1. Datos de gas inflamable GLP

Datos	Valor
Peso Molecular	0,048 Kg/mol
Calor de Combustión	49.900 KJ/Kg (World nuclear association, 2016)
Densidad	536 Kg/m ³ (Gas licuado del petróleo, 2012)
Volumen Liberado	0,16 m ³
Masa Liberada	90 Kg

Para el caso de nubes densas (Densidad del gas superior a la del aire) se considera utilizar el doble de masa equivalente de TNT (WTNT) para evaluar las distancias reales, en vista de su efecto a nivel de suelo.

Obteniéndose:

$$W = 99,35 \times 2$$

$$W = 198,7 \text{ Kg TNT}$$

Una vez definida la masa de TNT equivalente, se procedió a la determinación de la Distancia Escalada, conforme a la siguiente expresión:

$$Z = R/(W^{1/3})$$

Dónde:

Z: Distancia Escalada m. $\text{Kg}^{-1/3}$, R: Distancia Real (m), W: Masa Equivalente de TNT (Kg.)

Obteniéndose (Tabla 2):

Tabla 2. Distancia escalada

Datos	Valores
Z	5,14 m/Kg
R	28,04 m
W	198 Kg TNT

Para el caso de gases más densos que el aire, tales como: de fugas líquidas (Nubes densas), mixtas o gaseosas, éstos se acumularían y arrastrarían a causa de la velocidad del viento a nivel superficial, generando por este concepto un efecto mayor a nivel de suelo, por lo tanto, la distancia real (R) debe ser evaluada de la siguiente forma:

$$R = Z \times (WTNT)^{1/3}$$

Obteniéndose:

$$R = 28,36 \text{ m}$$

Una forma directa que es utilizada para la evaluación de la sobrepresión, es el conjunto de fórmulas de Sadovski, la cual es la siguiente:

$$P = 0,95 [(W^{1/3}) R^{-1}] + 3,9 [(W)^{2/3} R^{-2}] + 13 [W R^{-3}]$$

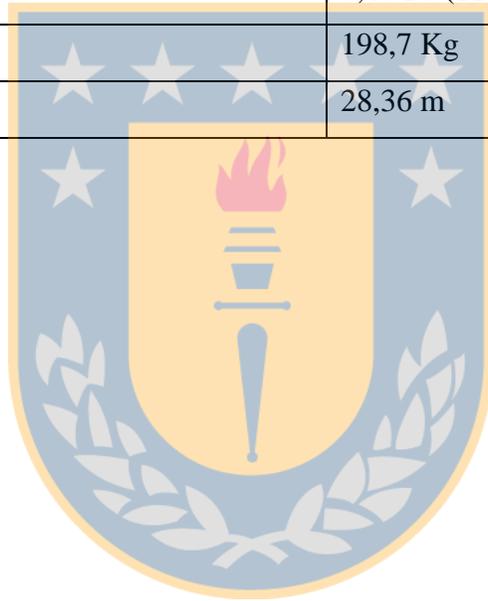
Donde:

P: Sobrepresión (Atm), W: Masa Equivalente de TNT. (Kg.), R: Distancia real (m).

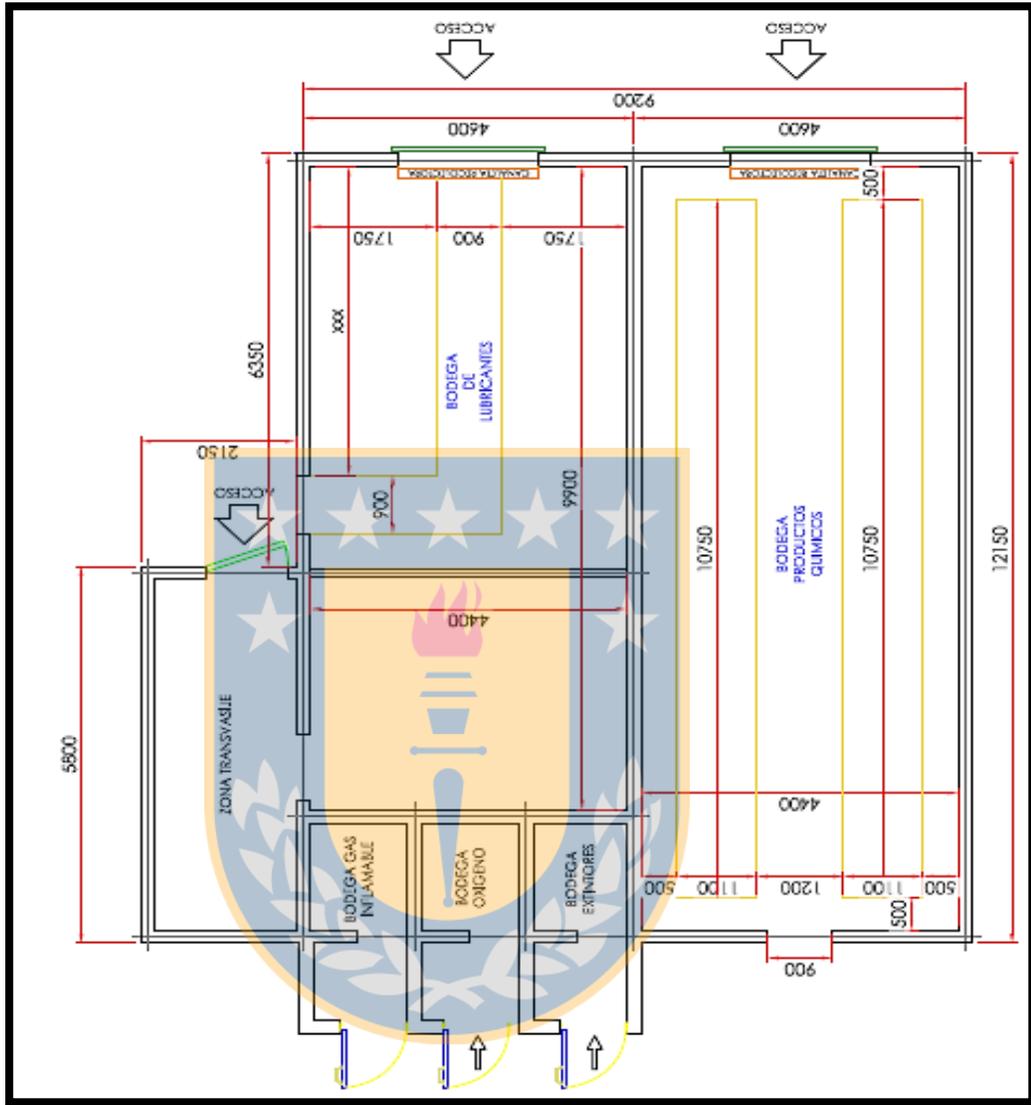
Obteniendose (Tabla 3):

Tabla 3.datos para determinar la sobrepresión (P)

Datos	Valores
P	0,46 Pa (11 mbar)
W	198,7 Kg
R	28,36 m

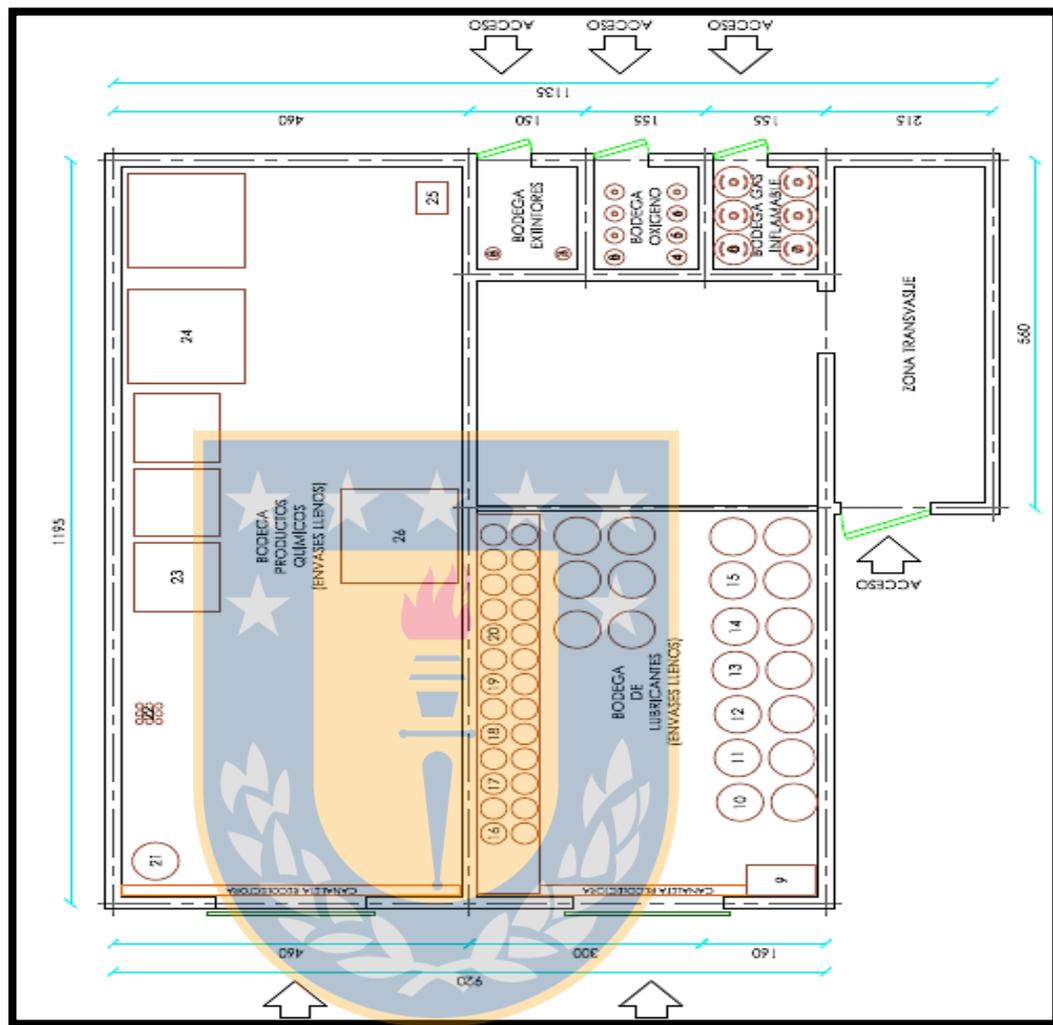


Anexo. 6 Plano de bodegas de sustancias peligrosas



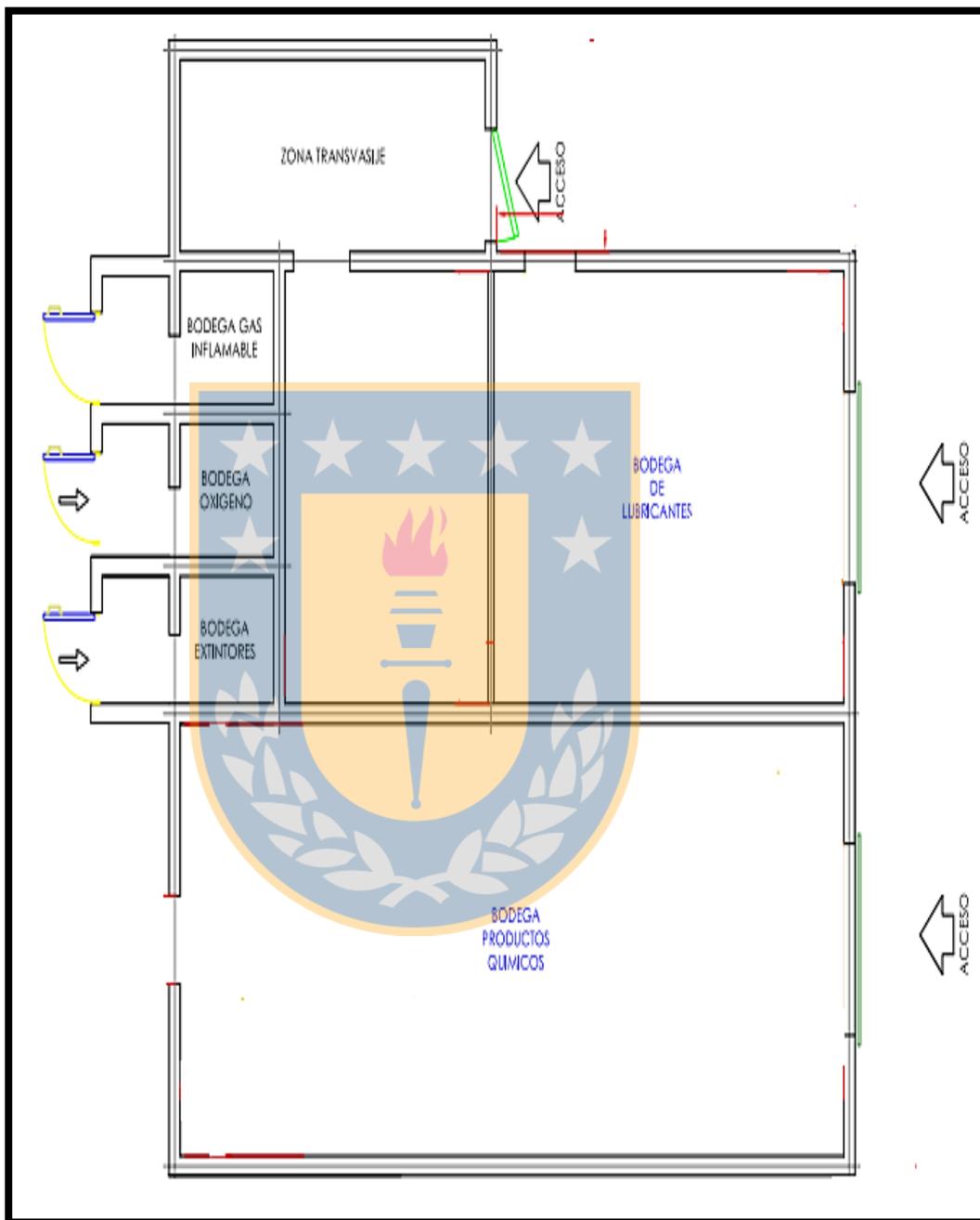
Escala 1:40

Anexo 7. Plano de distribución interna de las sustancias peligrosas



Escala 1:50

Anexo 8. Plano accesos a bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas.



Escala 1:50

Anexo 9. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos FIRSSO

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS FIRSSO											
N°	Área	Sustancias Peligrosas	Clase o división de peligrosidad	Personal expuesto	Actividad/Peligro	Situación	Evento peligroso	IF	IS	IC	FIRSSO
1	Bodega de gas inflamable	Gas licuado GLP	3	Personal con acceso: 3 operadores	1.- Transporte de sustancias hacia la bodega.	1.- Choque, atropello o colisión por no respetar velocidad (20 km/h) y señaléticas (pare, ceda el paso, etc.), por pérdida de visibilidad o distracción con elementos ajenos a la conducción (teléfonos, GPS, emisoras etc.)	Fuga	3	1	2	2
							Incendio	2	2	1	3
							Explosión	2	4	1	5
							Fuga	3	3	3	3
							Incendio	2	4	3	3
							Explosión	2	4	3	3
							Fuga	2	3	3	2
							Incendio	2	4	2	4
							Explosión	2	4	2	4
					Fuga	3	3	2	4		
					Incendio	1	4	2	3		
					Explosión	1	4	3	2		
					Fuga	4	4	3	5		
					Incendio	4	4	2	6		
					Explosión	2	4	2	4		
					Fuga	1	2	3	0		
					Incendio	1	4	3	2		
					Explosión	1	4	3	2		

					2.- Realización de trabajos de soldadura en bodegas o cerca de ellas.	Fuga	1	4	2	3	
						Incendio	2	4	3	3	
						Explosión	2	4	1	5	
					3.- Aumento de presión inesperada	Fuga	1	1	3	-1	
						Incendio	1	4	3	2	
						Explosión	1	4	3	2	
					4.- Contenedores en mal estado	Fuga	3	1	3	1	
						Incendio	1	4	3	2	
						Explosión	1	4	3	2	
					5.- Mantener abiertos o mal cerrados los envases.	Fuga	4	3	3	4	
						Incendio	1	4	4	1	
						Explosión	1	4	4	1	
					6.- Corte circuito en instalaciones eléctricas que genere chispas o llamas.	Incendio	3	4	3	4	
						Explosión	2	4	3	3	
				4.- Peligros externos	1.- Incendio o explosión en planta cogeneradora de energía que colinda con la planta (calderas).	Fuga	1	3	2	2	
						Incendio	1	4	2	3	
						Explosión	1	4	2	3	
						2.- Incendio en bosque de pinos ubicados al norte de la bodega	Incendio	1	4	2	3
							Explosión	2	4	2	4
						3.- Incendio en pila de aserrín ubicada cerca de la bodega.	Fuga	2	3	2	3
							Incendio	2	4	2	4
							Explosión	2	4	2	4
						4.- Incendio en bodega de materiales	Fuga	1	3	2	2
							Incendio	2	4	2	4
							Explosión	2	4	2	4
						5.- Incendio en bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas en pequeñas cantidades	Fuga	1	3	2	2
							Incendio	2	4	2	4
							Explosión	2	4	2	4

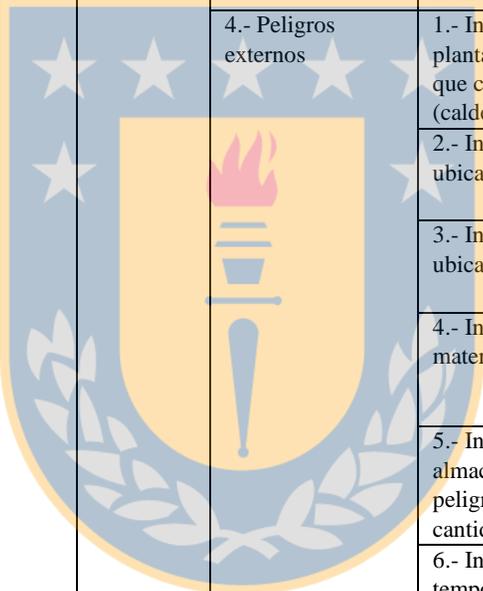
						6.- Incendio en bodega de acopio temporal de residuos peligrosos	Fuga	1	3	2	2
							Incendio	1	4	2	3
							Explosión	1	4	2	3
						7.- Incendio en bodega de pañol de empresas de servicio.	Fuga	1	3	2	2
							Incendio	2	4	2	4
							Explosión	2	4	2	4
						8.- Incendio en planta	Fuga	1	3	3	1
							Incendio	2	4	3	3
							Explosión	2	4	3	3
2	Bodega de oxígeno	Argón, Oxígeno y Nitrógeno	2.2	Personal con acceso: 3 operadores	1.- Transporte de sustancias hacia la bodega.	1.- Choque, atropello o colisión por no respetar velocidad (20 km/h) y señaléticas (pare, ceda el paso, etc.), por pérdida de visibilidad o distracción con elementos ajenos a la conducción (telefonos, GPS, emisoras etc.)	Fuga	3	1	4	0
							Incendio	1	2	4	-1
							Explosión	2	2	4	0
						2.- Caída de contenedores desde grúa horquilla al ingreso y salida de la bodega. Caída de contenedores por paso sobre lomos de toro dentro de la empresa.	Fuga	3	2	3	2
							Incendio	1	3	3	1
							Explosión	2	3	3	2
						3.- Desastres naturales que provoquen el volcamiento de contenedores durante la actividad de transporte de sustancias hacia la bodega (terremoto o sismos).	Fuga	2	2	3	1
							Incendio	1	4	3	2
							Explosión	1	4	3	2
						4.- Ruptura de contenedores por golpe al momento del ingreso de los productos peligrosos a las bodegas	Fuga	2	3	3	2
							Incendio	1	3	3	1
							Explosión	2	4	3	3
					2.- Manipulación de las sustancias dentro de la bodega.	1.- Volcamiento de contenedores por incorrecta manipulación o por sobrepeso de los mismos al momento de manipularlos.	Fuga	3	2	3	2
							Incendio	1	4	3	2
							Explosión	1	4	3	2
					3.- Almacenamiento.	1.- Volcamiento de contenedores por desniveles de suelo.	Fuga	3	1	3	1
							Incendio	1	3	3	1

						Explosión	1	3	3	1	
						2.- Realización de trabajos de soldadura en bodegas o cerca de ellas.	Fuga	1	2	3	0
							Incendio	2	3	3	2
							Explosión	2	3	3	2
						3.- Aumento de presión inesperada	Fuga	1	2	3	0
							Incendio	1	3	3	1
							Explosión	1	3	3	1
						4.- Contenedores en mal estado	Fuga	3	1	3	1
							Incendio	2	3	3	2
							Explosión	2	3	3	2
						5.- Mantener abiertos o mal cerrados los envases.	Fuga	3	1	3	1
							Incendio	1	3	3	1
							Explosión	1	3	3	1
						6.- Corte circuito en instalaciones eléctricas que genere chispas o llamas.	Fuga	1	2	2	1
							Incendio	2	3	2	3
							Explosión	2	3	2	3
					4.- Peligros externos	1.- Incendio o explosión en planta cogeneradora de energía que colinda con la planta (calderas).	Fuga	1	2	1	2
							Incendio	2	3	1	4
							Explosión	2	3	1	4
						2.- Incendio en bosque de pinos ubicados al norte de la bodega	Fuga	1	2	1	2
							Incendio	2	3	1	4
							Explosión	2	3	1	4
						3.- Incendio en pila de aserrín ubicada cerca de la bodega.	Fuga	1	2	1	2
							Incendio	2	3	1	4
							Explosión	2	3	1	4
						4.- Incendio en bodega de materiales	Fuga	1	2	3	0
							Incendio	2	3	3	2
							Explosión	2	3	3	2
						5.- Incendio en bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas en pequeñas cantidades	Fuga	2	2	2	2
							Incendio	3	3	2	4
							Explosión	2	3	2	3
						6.- Incendio en bodega de acopio temporal de residuos peligrosos	Fuga	1	2	2	1
							Incendio	2	3	2	3
							Explosión	2	3	2	3
							Fuga	1	2	2	1

						7.- Incendio en bodega de pañol de empresas de servicio.	Incendio	2	3	2	3
							Explosión	2	3	2	3
						8.- Incendio en planta	Fuga	1	2	3	0
							Incendio	3	3	3	3
							Explosión	3	3	3	3
3	Bodega de lubricantes	Solvente desincrustante MVC RUST HDBUC, Aceite móvil vactra oil N° 2, Aceite Rimula 15W40, Aceite mobil almo 529, Aceite mobil DTE 24, Grasa mobilith SHC 220, Grasa mobilith SHC 1500, Grasa mobilith SHC 629, Aceite mobil HD 40, Aceite mobil GPN 150, Grasa HLF universal NG1, Aceite lubricante water proof chain, Aceite sigma fluid plus, Aceite	3		1.- Transporte de sustancias hacia la bodega.	1.- Choque, atropello o colisión por no respetar velocidad (20 km/h) y señaléticas (pare, ceda el paso, etc.), por pérdida de visibilidad o distracción con elementos ajenos a la conducción (teléfonos, GPS, emisoras etc.)	Fuga	3	3	3	3
							Incendio	2	3	3	2
							Explosión	2	3	3	2
						2.- Caída de contenedores desde grúa horquilla al ingreso y salida de la bodega. Caída de contenedores por paso sobre lomos de toro dentro de la empresa.	Fuga	2	2	3	1
							Incendio	1	4	3	2
							Explosión	2	4	3	3
						3.- Desastres naturales que provoquen el volcamiento de contenedores durante la actividad de transporte de sustancias hacia la bodega (terremoto o sismos).	Fuga	2	1	3	0
							Incendio	2	3	3	2
							Explosión	2	3	3	2
						4.- Ruptura de contenedores por golpe al momento del ingreso de los productos peligrosos a la bodega.	Fuga	3	1	3	1
							Incendio	2	3	3	2
							Explosión	2	3	3	2
					2.- Manipulación de las sustancias dentro de la bodega.	1.- Volcamiento de contenedores por incorrecta manipulación o por sobrepeso de los mismos al momento de manipularlos	Fuga	3	4	3	4
							Incendio	2	4	4	2
							Explosión	2	3	4	1
					3.- Almacenamiento.	1.- Volcamiento de contenedores por desniveles de suelo.	Fuga	1	1	3	-1
							Incendio	1	3	3	1
							Explosión	1	3	3	1
						2.- Realización de trabajos de soldadura en bodegas o cerca de ellas.	Fuga	1	2	3	0
							Incendio	2	4	3	3
							Explosión	3	4	2	5

lubricante No-Tox PL , Grasa mollub alloy, Grasa mobil XHP 222, Aceite camin 100 VTC, Aceite spartan EP 320, Aceite mobil almo 525				4.- Peligros externos	3.- Aumento de presión inesperada	Fuga	2	2	3	1
						Incendio	2	3	3	2
						Explosión	3	3	3	3
					4.- Contenedores en mal estado	Fuga	2	2	3	1
						Incendio	1	3	3	1
						Explosión	1	3	3	1
					5.- Mantener abiertos o mal cerrados los envases.	Fuga	4	4	4	4
						Incendio	1	3	4	0
						Explosión	1	3	4	0
					6.- Corte circuito en instalaciones eléctricas que genere chispas o llamas.	Fuga	1	2	3	0
						Incendio	2	4	2	4
						Explosión	1	3	3	1
					1.- Incendio o explosión en planta cogeneradora de energía que colinda con la planta (calderas).	Fuga	1	2	1	2
						Incendio	2	4	1	5
						Explosión	2	4	1	5
					2.- Incendio en bosque de pinos ubicados al norte de la bodega	Fuga	1	2	1	2
						Incendio	2	4	1	5
						Explosión	2	4	1	5
					3.- Incendio en pila de aserrín ubicada cerca de la bodega.	Fuga	1	2	1	2
						Incendio	2	4	1	5
						Explosión	2	4	1	5
					4.- Incendio en bodega de materiales	Fuga	1	2	2	1
						Incendio	2	4	2	4
						Explosión	2	4	2	4
					5.- Incendio en bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas en pequeñas cantidades	Fuga	1	2	2	1
						Incendio	2	4	2	4
						Explosión	2	4	2	4
					6.- Incendio en bodega de acopio temporal de residuos peligrosos	Fuga	1	2	1	2
						Incendio	2	4	1	5
						Explosión	2	4	1	5
7.- Incendio en bodega de pañol de empresas de servicio.	Fuga	1	2	2	1					
	Incendio	2	4	2	4					
	Explosión	2	4	2	4					
8.- Incendio en planta	Fuga	1	2	3	0					

							Incendio	2	4	3	3
							Explosión	2	4	3	3
4	Bodega de productos químicos	Surfactol, Nexgen y Fungicida ridomil	3	Personal con acceso: 3 operadores	1.- Transporte de sustancias hacia la bodega.	1.- Choque, atropello o colisión por no respetar velocidad (20 km/h) y señaléticas (pare, ceda el paso, etc.), por pérdida de visibilidad o distracción con elementos ajenos a la conducción (teléfonos, GPS, emisoras etc.)	Fuga	3	2	3	2
							Incendio	2	2	3	1
							Explosión	2	3	3	2
							Fuga	3	1	3	1
							Incendio	2	4	3	3
							Explosión	2	4	3	3
							Fuga	2	3	4	1
							Incendio	2	4	4	2
							Explosión	2	4	4	2
					4.- Ruptura de contenedores por golpe al momento del ingreso de los productos peligrosos a las bodegas	Fuga	3	2	3	2	
						Incendio	1	3	3	1	
						Explosión	1	4	3	2	
					2.- Manipulación de las sustancias dentro de la bodega.	Fuga	3	4	3	4	
						Incendio	3	4	4	3	
						Explosión	2	4	3	3	
					3.- Almacenamiento.	1.- Volcamiento de contenedores por desniveles de suelo.	Fuga	1	1	3	-1
							Incendio	1	3	3	1
							Explosión	1	4	3	2
						2.- Realización de trabajos de soldadura en bodegas o cerca de ellas.	Fuga	1	1	3	-1
							Incendio	2	3	3	2
							Explosión	3	4	2	5
3.- Aumento de presión inesperada	Fuga	2	2	3	1						
	Incendio	1	3	3	1						
	Explosión	2	3	3	2						

					4.- Contenedores en mal estado	Fuga	2	2	3	1	
						Incendio	1	3	3	1	
						Explosión	1	3	3	1	
					5.- Mantener abiertos o mal cerrados los envases.	Fuga	2	2	3	1	
						Incendio	1	3	3	1	
						Explosión	1	3	3	1	
					6.- Corte circuito en instalaciones eléctricas que genere chispas o llamas.	Fuga	1	2	3	0	
						Incendio	2	4	2	4	
						Explosión	2	4	3	3	
				 <p>4.- Peligros externos</p>	1.- Incendio o explosión en planta cogeneradora de energía que colinda con la planta (calderas).	Fuga	1	2	1	2	
						Incendio	2	4	1	5	
						Explosión	2	4	1	5	
						2.- Incendio en bosque de pinos ubicados al norte de la bodega	Fuga	1	2	1	2
							Incendio	2	4	1	5
							Explosión	2	4	1	5
						3.- Incendio en pila de aserrín ubicada cerca de la bodega.	Fuga	1	2	1	2
							Incendio	2	4	1	5
							Explosión	2	4	1	5
						4.- Incendio en bodega de materiales	Fuga	1	2	2	1
							Incendio	2	4	2	4
							Explosión	2	4	2	4
						5.- Incendio en bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas en pequeñas cantidades	Fuga	1	2	2	1
							Incendio	2	4	2	4
							Explosión	2	4	2	4
						6.- Incendio en bodega de acopio temporal de residuos peligrosos	Fuga	1	2	3	0
							Incendio	2	4	3	3
							Explosión	2	4	3	3
						7.- Incendio en bodega de pañol de empresas de servicio.	Fuga	1	2	2	1
							Incendio	2	4	2	4
						Explosión	2	4	2	4	
					8.- Incendio en planta	Fuga	1	2	3	0	
						Incendio	2	4	3	3	

							Explosión	2	4	3	3
5	Bodega de sustancias peligrosas en pequeñas cantidades	Pintura fasto Marc incoloro, Pintura Epwgreen , Diluyente epóxido AS-1033 y Bencina	3	Personal con acceso: 3 operadores	1.- Transporte de sustancias hacia la bodega.	1.- Choque, atropello o colisión por no respetar velocidad (20 km/h) y señaléticas (pare, ceda el paso, etc.), por pérdida de visibilidad o distracción con elementos ajenos a la conducción (teléfonos, GPS, emisoras etc.)	Fuga	2	2	3	1
							Incendio	1	2	3	0
							Explosión	1	2	3	0
						2.- Caída de contenedores desde grúa horquilla al ingreso y salida de la bodega. Caída de contenedores por paso sobre lomos de toro dentro de la empresa.	Fuga	2	2	3	1
							Incendio	1	3	3	1
							Explosión	1	4	3	2
						3.- Desastres naturales que provoquen el volcamiento de contenedores durante la actividad de transporte de sustancias hacia la bodega (terremoto o sismos).	Fuga	2	2	3	1
							Incendio	2	2	3	1
							Explosión	2	3	3	2
						4.- Ruptura de contenedores por golpe al momento del ingreso de los productos peligrosos a las bodegas	Fuga	3	2	3	2
							Incendio	1	4	3	2
							Explosión	2	4	3	3
					2.- Manipulación de las sustancias dentro de la bodega.	1.- Volcamiento de contenedores por incorrecta manipulación o por sobrepeso de los mismos al momento de manipularlos	Fuga	3	2	4	1
						Incendio	1	4	4	1	
						Explosión	1	4	4	1	
					3.- Almacenamiento.	1.- Volcamiento de contenedores por desniveles de suelo.	Fuga	2	2	3	1
						Incendio	1	3	3	1	
						Explosión	1	4	3	2	
					2.- Realización de trabajos de soldadura en bodegas o cerca de ellas.	Fuga	1	2	3	0	
						Incendio	2	3	3	2	
						Explosión	2	3	3	2	
					3.- Aumento de presión inesperada	Fuga	1	1	3	-1	
						Incendio	1	3	3	1	
						Explosión	1	3	3	1	
4.- Contenedores en mal estado	Fuga	2	1	3	0						

						Incendio	1	3	3	1
						Explosión	1	4	3	2
					5.- Mantener abiertos o mal cerrados los envases.	Fuga	2	1	4	-1
						Incendio	1	3	4	0
						Explosión	1	4	4	1
					6.- Corte circuito en instalaciones eléctricas que genere chispas o llamas.	Fuga	1	2	3	0
						Incendio	2	3	3	2
						Explosión	2	3	3	2
				4.- Peligros externos	1.- Incendio o explosión en planta cogeneradora de energía que colinda con la planta (calderas).	Fuga	1	2	1	2
						Incendio	2	4	1	5
						Explosión	2	4	1	5
					2.- Incendio en bosque de pinos ubicados al norte de la bodega	Fuga	1	2	1	2
						Incendio	2	4	1	5
						Explosión	2	4	1	5
					3.- Incendio en pila de aserrín ubicada cerca de la bodega.	Fuga	1	2	1	2
						Incendio	2	4	1	5
						Explosión	2	4	1	5
					4.- Incendio en bodega de materiales	Fuga	1	2	3	0
						Incendio	2	4	3	3
						Explosión	2	4	3	3
					5.- Incendio en bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas en pequeñas cantidades	Fuga	1	2	3	0
						Incendio	2	4	3	3
						Explosión	2	4	3	3
					6.- Incendio en bodega de acopio temporal de residuos peligrosos	Fuga	1	2	2	1
						Incendio	2	4	2	4
						Explosión	2	4	2	4
					7.- Incendio en bodega de pañol de empresas de servicio.	Fuga	1	2	3	0
						Incendio	2	4	3	3
						Explosión	2	4	3	3
					8.- Incendio en planta	Fuga	1	2	3	0
						Incendio	2	4	3	3
						Explosión	2	4	3	3

Anexo 10. Análisis de consecuencias para la bodega de productos químicos utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases

La fórmula principal para la determinación de la radiación térmica es la siguiente:

$$q = d \times F \times E$$

Obteniéndose como resultado para cada variable:

i) Coeficiente de transmisión atmosférica (d):

Se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$d = 2,02 \times (P_v \times X)^{-0,09}$$

Dónde:

P_v: Presión parcial del vapor de agua a la temperatura determinada (Pa), X: Longitud de recorrido de la radiación, distancia desde la superficie de llama al blanco receptor (m).

Para la determinación del coeficiente de transmisión atmosférica se consideró las temperaturas promedio de invierno y verano, además de la humedad relativa del aire ambiental de las épocas de invierno y verano en la ciudad de Los Ángeles a través la página meteorológica freemeteo (Tabla 1).

Se utilizó un X de 28,04 m, ya que es la distancia a la cual se encuentran los trabajadores más cercanos al lugar en estudio.

Tabla 1. Temperatura y humedad relativa de la ciudad de Los Ángeles.

Época del año	Temperatura ambiente	Humedad relativa
Invierno	8,8 °C	79,93 %
Verano	19,35 °C	59,20 %

La presión parcial del vapor de agua se calcula a partir de la humedad relativa del aire ambiental y de los valores de las presiones de vapor saturado a diferentes temperaturas dados en la tabla 2.

Tabla 2. Presión de vapor saturado del agua (Pa) en función de la temperatura (°C).

Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)	Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)
0	600	19	2170
2	700	20	2310
4	800	21	2450
6	920	22	2610
8	1060	23	2770
10	1210	24	2940
11	1300	25	3130
12	1380	26	3320
14	1580	27	3520
15	1680	28	3730
16	1790	29	3950
17	1920	30	4190
18	2040		

La presión de vapor según la temperatura existente, está dada en la tabla 2. Ya que las cifras de temperatura no son números enteros, se debe realizar una interpolación para la determinación de la presión de vapor saturado del agua (Tabla 3).

Tabla 3. Presión de vapor según temperatura.

Época del año	Temperatura	Presión de vapor saturada
Invierno	8,8 °C	1120 Pa
Verano	19,35 °C	2219 Pa

La presión parcial de vapor se calcula multiplicando la humedad relativa por la presión de vapor saturado a la temperatura existente (Tabla 4).

$$P_v = \text{Humedad Relativa} \times \text{Presión de vapor saturado.}$$

Tabla 4. Presión de vapor parcial (Pv).

Época del año	Humedad relativa	Presión de vapor saturado	Presión de vapor parcial
Invierno	0,7993	1120 Pa	895,216 Pa
Verano	0,5920	2219 Pa	1313,648 Pa

Reemplazando en la formula inicial de coeficiente de transmisión atmosférica se obtiene (Tabla 5):

$$d = 2,02 \times (P_v \times X)^{-0,09}$$

Tabla 5. Coeficiente de transmisión atmosférica según época del año.

Época del año	Coeficiente de transmisión atmosférica (d)
Invierno	0,81
Verano	0,78

ii) Factor de visión geométrico vertical y horizontal:

Para este estudio se consideró el incendio de forma rectangular (Figura 1), por lo que se determinó los correspondientes factores de visión geométrica indicados en la tabla 6.

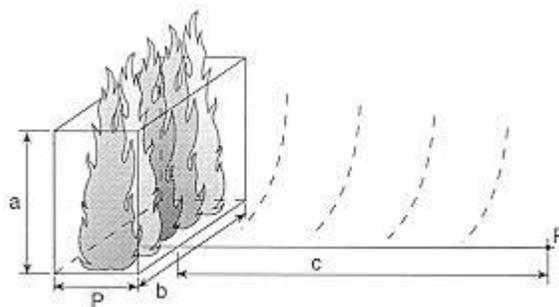


Figura 1. Forma de incendio con frente rectangular.

Tabla 6. Factor de visión geométrico para incendio rectangular.

Factor de visión horizontal, F_h												
a/b	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0				
c/b												
0,1	0,0732	0,1380	0,1705	0,1998	0,2126	0,2217	0,2279	0,2305				
0,2	0,0263	0,0728	0,1105	0,1549	0,1774	0,1944	0,2063	0,2113				
0,3	0,0127	0,0414	0,0720	0,1182	0,1459	0,1687	0,1855	0,1928				
0,4	0,0073	0,0257	0,0485	0,0899	0,1190	0,1452	0,1660	0,1752				
0,5	0,0047	0,0171	0,0339	0,0687	0,0966	0,1243	0,1478	0,1588				
0,6	0,0032	0,0120	0,0245	0,0530	0,0784	0,1059	0,1312	0,1436				
0,7	0,0023	0,0087	0,0182	0,0414	0,0638	0,0903	0,1162	0,1296				
0,8	0,0017	0,0065	0,0139	0,0327	0,0522	0,0767	0,1028	0,1169				
0,9	0,0013	0,0050	0,0108	0,0261	0,0429	0,0653	0,0908	0,1054				
1,0	0,0010	0,0040	0,0086	0,0211	0,0355	0,0557	0,0803	0,0951				
1,2	0,0007	0,0026	0,0056	0,0142	0,0249	0,0409	0,0629	0,0774				
1,5	0,0004	0,0015	0,0032	0,0084	0,0152	0,0265	0,0440	0,0572				
2	0,0002	0,0007	0,0015	0,0041	0,0076	0,0139	0,0253	0,0355				
3	0,0001	0,0002	0,0005	0,0013	0,0026	0,0050	0,0100	0,0154				
4	—	0,0001	0,0002	0,0006	0,0011	0,0023	0,0047	0,0077				
5	—	—	0,0001	0,0003	0,0006	0,0012	0,0026	0,0043				
Factor de visión vertical, F_v												
b/c	10	5	3	2	1	0,75	0,50	0,25	0,2	01	0,05	0,02
a/c												
10	0,2480	0,2447	0,2369	0,2234	0,1767	0,1499	0,1118	0,0606	0,0490	0,0249	0,0125	0,0050
5	0,2447	0,2421	0,2350	0,2221	0,1750	0,1491	0,1114	0,0604	0,0489	0,0248	0,0124	0,0050
3	0,2369	0,2350	0,2292	0,2176	0,1734	0,1478	0,1101	0,0598	0,0483	0,0245	0,0123	0,0049
2	0,2234	0,2221	0,2176	0,2078	0,1674	0,1427	0,1068	0,0581	0,0470	0,0239	0,0120	0,0048
1	0,1767	0,1760	0,1734	0,1674	0,1385	0,1193	0,0902	0,0494	0,0400	0,0203	0,0102	0,0041
0,75	0,1499	0,1494	0,1475	0,1427	0,1193	0,1032	0,0784	0,0431	0,0349	0,0178	0,0089	0,0036
0,50	0,1118	0,1114	0,1101	0,1068	0,0902	0,0784	0,0599	0,0331	0,0268	0,0137	0,0069	0,0027
0,25	0,0606	0,0604	0,0598	0,0581	0,0494	0,0431	0,0331	0,0184	0,0149	0,0076	0,0038	0,0015
0,20	0,0490	0,0489	0,0483	0,0470	0,0400	0,0349	0,0268	0,0149	0,0121	0,0062	0,0031	0,0012
0,10	0,0249	0,0248	0,0245	0,0239	0,0203	0,0178	0,0137	0,0076	0,0062	0,0031	0,0016	0,0006
0,05	0,0123	0,0124	0,0123	0,0120	0,0102	0,0089	0,0069	0,0038	0,0031	0,0016	0,0008	0,0003
0,002	0,0050	0,0050	0,0049	0,0048	0,0041	0,0036	0,0027	0,0015	0,0012	0,0006	0,0003	0,0001

$$F_{\max} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

De acuerdo a la figura 1, la altura de las llamas se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$a = 29 b_{eq}^{0,7} \times m^{0,6}$$

Correspondiendo:

b_{eq} = Diámetro equivalente, m = Caudal de evaporación.

El diámetro equivalente, para lo que se equipara el área del rectángulo a un círculo de radio b_{eq} :

$$b_{eq} = \sqrt{bp/\pi}$$

$$b \times p = \pi b_{eq}^2$$

Correspondiendo (Tabla 7):

Tabla 7. Dimensiones de la bodega.

Datos	Valores
Largo de la bodega (b)	12,15 m
Ancho de la bodega (p)	4,6 m
b_{eq}	4,21 m

Para el caudal de evaporación m correspondiente para líquidos con punto de ebullición superior a la temperatura ambiente, se calcula mediante la expresión:

$$m = \frac{hc}{C_p \Delta T + h_v} \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^2\text{s}$$

Dónde:

C_p = Calor específico a presión constante (J/Kg. K), ΔT = Diferencia ente la temperatura de ebullición del líquido y la temperatura ambiente en grados kelvin (K), h_c = Calor de combustión del producto evaporado (J/kg), h_v = Calor latente de vaporización (J/kg).

Obteniéndose:

$C_p = 2420 \text{ J/Kg}$ (Sars, W. y Zemansky, M., 2009)

Para el ΔT , se tiene (Tabla 8):

Tabla 8. Temperatura en grados kelvin.

Temperatura	Grados Celsius	Grados kelvin
Temperatura de ebullición	79	352
Temperatura ambiente en verano	19,35	292,35
Temperatura ambiente invierno	8,8	281,8

Para la determinación de ΔT , se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta T = \text{Temperatura de ebullición} - \text{Temperatura ambiente}$$

Obteniéndose las siguientes ΔT de acuerdo a los datos anteriores (Tabla 9):

Tabla 9. Diferencia ente la temperatura de ebullición del líquido y la temperatura ambiente en grados kelvin (K)

Datos	Valores
ΔT para verano	59,65°K
ΔT para invierno	70,2°K

Para las variables restantes se obtiene (Tabla 10):

Tabla 10. Variables para ña determinación del caudal de evaporación.

Datos	Valores
h_c	27.630.000 J/kg (Pohanish, R., 2005)
h_v	846.000 J/Kg (Gymnázium Budějovická, 2008)
C_p	2420 J/Kg (Sars, W. y Zemansky, M., 2009)

Reemplazando en la fórmula para el caudal de evaporación, se obtiene:

Tabla 11. Caudal de evaporación.

Caudal de evaporación en invierno y verano	Valores del caudal de evaporación
m para verano (m_v):	0,030 Kg/m ² s
m para invierno (m_i):	0,0292 Kg/m ² s

Por lo tanto, para la altura de la llama se tiene (Tabla 12):

$$a = 29 b_{eq}^{0,7} \times m^{0,6}$$

Tabla 12. Altura de la llama.

Época del año	Altura de la llama (a) en metros
Verano	9,67
Invierno	9,51

Para c, el cual es la distancia entre el centro de la base de la llama y P, también, puede considerarse otra distancia deseada, para este caso se consideró:

$$P = 28,04 = c$$

Con los datos obtenidos de a, b y c y la ayuda de la tabla n° 6, se obtiene el factor de visión geométrico horizontal y vertical para incendio rectangular, obteniéndose (Tabla 13):

Tabla 13. Factor de visión geométrico horizontal.

Factor de visión geométrico horizontal	Formula	Valor
a_v/b	9,67 / 12,15	0,79
a_l/b	9,51 / 12,15	0,78
c/b	28,04 / 12,15	2,30

Teniendo en cuenta que los valores de intensidad media de radiación E, no puede darse gran precisión, se puede optar por el valor más desfavorable, es decir, el factor de mayor visión geométrica (Tabla 14), el cual corresponde en este caso:

Tabla 14. Factor mayor de visión geométrico horizontal.

Factor mayor de visión geométrico	Valor
a_v/b	1,0
a_l/b	1,0
c/b	1,5

Por lo tanto, utilizando la tabla 6, se obtuvo (Tabla 15):

Tabla 15. Factor de visión geométrico horizontal para estaciones del año, verano e invierno.

Factor de visión geométrico horizontal para cada estación del año.	Valores
Verano	0,0265

Invierno	0,0265
----------	--------

Para el factor de visión geométrico vertical (Tabla 16), se obtuvo de acuerdo a la tabla 6:

Tabla 16. Factor de visión geométrico vertical.

Factor de visión geométrico vertical	Formula	Valor
b/c	12,15 / 28,04	0,43
a _v /c	9,67 / 28,04	0,34
a _l /c	9,51 / 28,04	0,33

Empleando el mismo criterio de factor geométrico horizontal, se obtiene con la ayuda de la tabla 6 (Tabla 17):

Tabla 17. Factor mayor de visión geométrico vertical.

Factor mayor de visión geométrico	Valor
b/c	0,50
a _v /c	0,50
a _l /c	0,50

Por lo tanto, utilizando la tabla 6, se obtuvo (Tabla 18).

Tabla 18. Factor de visión geométrico vertical para estaciones del año, verano e invierno.

Factor de visión geométrico vertical para cada estación del año.	Valores
Verano	0,0599
Invierno	0,0599

iii) Intensidad de radiación de la llama (E):

Esta variable, depende del tipo de combustible y del diámetro de la base del líquido incendiado, el cual está dado por la tabla 19, que indica para diversos combustibles los valores de E.

Tabla 19. Líquidos con temperatura de ebullición menos a la temperatura de ambiente.

LÍQUIDOS CON TEMPERATURA EBULLICIÓN > TEMPERATURA AMBIENTE (CHARCOS NO HIRVIENTES)	
Acetato de vinilo	30
Acetonitrilo	37
Acrilonitrilo	26
Acido fórmico	=2
Alcohol alílico	38
Acrilato de metilo	30
Benceno	70
Bromo	
N-butil mercaptano	85
T-butil mercaptano	73
Cloroformo	=1
Cloruro de alilo	32
Dicloropropano	20
Dietilamina	77
Disulfuro de carbono	16
Epiclorhidrina	22
Etilendiamina	30
Etil mercaptano	59
Formiato de etilo	30
Formato de metilo	19
Metanol	15
Nafta disolvente	68
Oxido de propileno	45
Tetracloruro de carbono	=1
Tetraetilo de plomo	20
Tetrahidrotiofeno	-

Correspondiendo para el etanol o alcohol etílico:

$$E = 38 \text{ KW/m}^2$$

Por lo tanto, según la formula principal de irradiación recibida por una persona u objeto en posición vertical y horizontal para las estaciones de invierno y verano será de (Tabla 20):

$$q = d \times F \times E$$

Tabla 20. Irradiación recibida para posición vertical en las estaciones de invierno y verano.

Estación	Irradiación recibida en posición vertical.	Irradiación recibida en posición horizontal
Invierno	1,84 KW/m ²	0,81 KW/m ²
Verano	1,77 KW/m ²	0,78 KW/m ²

El límite soportable para las personas es de 4 a 5 KW/m².

Radiación máxima tolerable para personas y materiales, están expresadas en la tabla 21:

Tabla 21. Radiación tolerable de materiales y personas.

MÁXIMA RADIACIÓN TOLERABLE	
	Irradiación térmica kW/m ²
Materiales	
Pared de ladrillos.....	400
Hormigón armado.....	200
Cemento.....	60
Acero.....	40
Madera.....	10
Personas	
Durante 20 s. sin quemaduras.....	6,5
Bomberos y personas protegidas....	4,7
Personas desprotegidas.....	4,0

Anexo 11. Análisis de consecuencias para la bodega de lubricantes utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.

La fórmula principal para la determinación de la radiación térmica es la siguiente:

$$q = d \times F \times E$$

Obteniéndose como resultado para cada variable:

i) d: Coeficiente de transmisión atmosférica

Se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$d = 2,02 \times (P_v \times X)^{-0,09}$$

P_v: Presión parcial del vapor de agua a la temperatura determinada (Pa), X: Longitud de recorrido de la radiación, distancia desde la superficie de llama al blanco receptor (m).

Para la determinación del coeficiente de transmisión atmosférica se consideró las temperaturas promedio de invierno y verano y también la humedad relativa del aire ambiental de estas épocas del año en la ciudad de Los Ángeles a través la página meteorológica freemeteo (Tabla 1), también se utilizó X, el cual será de 28,04 m ya que es la distancia a la cual se encuentran los trabajadores más cercanos al lugar en estudio.

Tabla 1. Temperatura y humedad relativa de la ciudad de Los Ángeles.

Época del año	Temperatura ambiente	Humedad relativa
Invierno	8,8 °C	79,93 %
Verano	19,35 °C	59,20 %

La presión parcial del vapor de agua se calcula a partir de la humedad relativa del aire ambiental y de los valores de las presiones de vapor saturado a diferentes temperaturas dados en la tabla 2.

Tabla 2. Presión de vapor saturado del agua (Pa) en función de la temperatura (°C).

Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)	Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)
0	600	19	2170
2	700	20	2310
4	800	21	2450
6	920	22	2610
8	1060	23	2770
10	1210	24	2940
11	1300	25	3130
12	1380	26	3320
14	1580	27	3520
15	1680	28	3730
16	1790	29	3950
17	1920	30	4190
18	2040		

La presión de vapor según la temperatura existente, está dada en la tabla 2. Ya que las cifras de temperatura no son números enteros, se debe realizar una interpolación para la determinación de la presión de vapor saturado del agua (Tabla 3).

Tabla 3. Presión de vapor según temperatura.

Época del año	Temperatura	Presión de vapor saturada
Invierno	8,8 °C	1120 Pa
Verano	19,35 °C	2219 Pa

La presión parcial de vapor se calcula multiplicando la humedad relativa por la presión de vapor saturado a la temperatura existente (Tabla 4).

$$P_v = \text{Humedad Relativa} \times \text{Presión de vapor saturado.}$$

Tabla 4. Presión de vapor parcial (Pv).

Época del año	Humedad relativa	Presión de vapor saturado	Presión de vapor parcial
Invierno	79,93 %	1120 Pa	895,216 Pa
Verano	59,20 %	2219 Pa	1313,648 Pa

Reemplazando en la formula inicial de coeficiente de transmisión atmosférica se obtiene (Tabla 5):

$$d = 2,02 \times (Pv \times X)^{-0,09}$$

Tabla 5. Coeficiente de transmisión atmosférica según época del año.

Época del año	Coeficiente de transmisión atmosférica (d)
Invierno	0,81
Verano	0,78

ii) Factor de visión geométrico vertical y horizontal:

Para este estudio se consideró el incendio de forma rectangular (Figura 1), por lo que se determinó los correspondientes factores de visión geométrica indicados en la tabla 6.

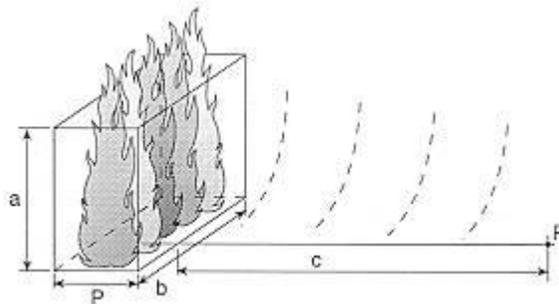


Figura 1. Forma de incendio con frente rectangular.

Tabla 6. Factor de visión geométrico para incendio rectangular.

Factor de visión horizontal, F_h												
a/b	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0				
c/b												
0,1	0,0732	0,1380	0,1705	0,1998	0,2126	0,2217	0,2279	0,2305				
0,2	0,0263	0,0728	0,1105	0,1549	0,1774	0,1944	0,2063	0,2113				
0,3	0,0127	0,0414	0,0720	0,1182	0,1459	0,1687	0,1855	0,1928				
0,4	0,0073	0,0257	0,0485	0,0899	0,1190	0,1452	0,1660	0,1752				
0,5	0,0047	0,0171	0,0339	0,0687	0,0966	0,1243	0,1478	0,1588				
0,6	0,0032	0,0120	0,0245	0,0530	0,0784	0,1059	0,1312	0,1436				
0,7	0,0023	0,0087	0,0182	0,0414	0,0638	0,0903	0,1162	0,1296				
0,8	0,0017	0,0065	0,0139	0,0327	0,0522	0,0767	0,1028	0,1169				
0,9	0,0013	0,0050	0,0108	0,0261	0,0429	0,0653	0,0908	0,1054				
1,0	0,0010	0,0040	0,0086	0,0211	0,0355	0,0557	0,0803	0,0951				
1,2	0,0007	0,0026	0,0056	0,0142	0,0249	0,0409	0,0629	0,0774				
1,5	0,0004	0,0015	0,0032	0,0084	0,0152	0,0265	0,0440	0,0572				
2	0,0002	0,0007	0,0015	0,0041	0,0076	0,0139	0,0253	0,0355				
3	0,0001	0,0002	0,0005	0,0013	0,0026	0,0050	0,0100	0,0154				
4	—	0,0001	0,0002	0,0006	0,0011	0,0023	0,0047	0,0077				
5	—	—	0,0001	0,0003	0,0006	0,0012	0,0026	0,0043				
Factor de visión vertical, F_v												
b/c	10	5	3	2	1	0,75	0,50	0,25	0,2	0,1	0,05	0,02
a/c												
10	0,2480	0,2447	0,2369	0,2234	0,1767	0,1499	0,1118	0,0606	0,0490	0,0249	0,0125	0,0050
5	0,2447	0,2421	0,2350	0,2221	0,1750	0,1491	0,1114	0,0604	0,0489	0,0248	0,0124	0,0050
3	0,2369	0,2350	0,2232	0,2176	0,1734	0,1478	0,1101	0,0598	0,0483	0,0245	0,0123	0,0049
2	0,2234	0,2221	0,2176	0,2078	0,1674	0,1427	0,1068	0,0581	0,0470	0,0239	0,0120	0,0048
1	0,1767	0,1760	0,1734	0,1674	0,1385	0,1193	0,0902	0,0494	0,0400	0,0203	0,0102	0,0041
0,75	0,1499	0,1494	0,1475	0,1427	0,1193	0,1032	0,0784	0,0431	0,0349	0,0178	0,0089	0,0036
0,50	0,1118	0,1114	0,1101	0,1068	0,0902	0,0784	0,0599	0,0331	0,0268	0,0137	0,0069	0,0027
0,25	0,0606	0,0604	0,0598	0,0581	0,0494	0,0431	0,0331	0,0184	0,0149	0,0076	0,0038	0,0015
0,20	0,0490	0,0489	0,0483	0,0470	0,0400	0,0349	0,0268	0,0149	0,0121	0,0062	0,0031	0,0012
0,10	0,0249	0,0248	0,0245	0,0239	0,0203	0,0178	0,0137	0,0076	0,0062	0,0031	0,0016	0,0006
0,05	0,0123	0,0124	0,0123	0,0120	0,0102	0,0089	0,0069	0,0038	0,0031	0,0016	0,0008	0,0003
0,02	0,0050	0,0050	0,0049	0,0048	0,0041	0,0036	0,0027	0,0015	0,0012	0,0006	0,0003	0,0001

$$F_{mix} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

De acuerdo a la figura 1, la altura de las llamas se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$a = 29 b_{eq}^{0,7} x m^{0,6}$$

Correspondiendo:

b_{eq} = Diámetro equivalente, m = Caudal de evaporación.

El diámetro equivalente, para lo que se equipara el área del rectángulo a un círculo de radio b_{eq} :

$$b_{eq} = \sqrt{bp/\pi}$$

$$b \times p = \pi b_{eq}^2$$

Correspondiendo (Tabla 7):

Tabla 7. Datos de bodega

Datos	Valores
Largo de la bodega (b)	5,93 m
Ancho de la bodega (p)	4,6 m
b_{eq}	2,94 m

Para el caudal de evaporación m correspondiente para líquidos con punto de ebullición superior a la temperatura ambiente, se calcula mediante la expresión:

$$m = \frac{hc}{C_p \Delta T + h_v} \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^2\text{s}$$

Dónde:

C_p = Calor específico a presión constante (J/kg. k), ΔT = Diferencia ente la temperatura de ebullición del líquido y la temperatura ambiente en grados kelvin (K), h_c = Calor de combustión del producto evaporado (J/kg), h_v = calor latente de vaporización (J/kg).

Obteniéndose:

$C_p = 1670 \text{ J/Kg. K}$ (MultiTherm, 2016)

Para el ΔT , se tiene (Tabla 8):

Tabla 8. Temperatura en grados kelvin.

Temperatura	Grados Celsius	Grados kelvin
Temperatura de ebullición	360	633
Temperatura ambiente en verano	19,35	292,35
Temperatura ambiente invierno	8,8	281,8

Para la determinación de ΔT , se utilizó la siguiente formula:

$$\Delta T = \text{Temperatura de ebullición} - \text{Temperatura ambiente}$$

Obteniéndose las siguientes ΔT de acuerdo a los datos anteriores (Tabla 9):

Tabla 9. Diferencia ente la temperatura de ebullición del líquido y la temperatura ambiente en grados kelvin (K)

Datos	Valores
ΔT para verano	340,65°K
ΔT para invierno	351,2°K

Para las variables restantes se obtiene (Tabla 10):

Tabla 10. Variables para ña determinación del caudal de evaporación.

Datos	Valores
h_c	42.400.000 J/kg (multiTherm, 2016)
h_v	977.000 J/kg (multiTherm, 2016)
C_p	1670 J/Kg. K (multiTherm, 2016)

Reemplazando en la fórmula para el caudal de evaporación, se obtiene:

Tabla 11. Caudal de evaporación.

Caudal de evaporación en invierno y verano	Valores del caudal de evaporación
m para verano (m_v):	0,0274 kg/m ² s
m para invierno (m_i):	0,0271 Kg/m ² s

Por lo tanto, para la altura de la llama se tiene (Tabla 12):

$$a = 29 b_{eq}^{0,7} \times m^{0,6}$$

Tabla 12. Altura de la llama según época del año.

Época del año	Altura de la llama (a) en metros
Verano	7,12
Invierno	7,07

Para c, el cual es la distancia entre el centro de la base de la llama y P, también, puede considerarse otra distancia deseada, para este caso se consideró:

$$P = 28,04 = c$$

Con los datos obtenidos de a, b y c y la ayuda de la tabla 6, se obtiene el factor de visión geométrico horizontal y vertical para incendio rectangular, obteniéndose (Tabla 13):

Tabla 13. Factor de visión geométrico horizontal.

Factor de visión geométrico horizontal	Formula	Valor
a_v/b	7,12 / 5,93	1,2

a_r/b	7,07 / 5,93	1,19
c/b	28,04 / 5,93	4,72

Teniendo en cuenta que los valores de intensidad media de radiación E no puede darse gran precisión, se puede optar por el valor más desfavorable, es decir, el factor de mayor visión geométrica (Tabla 14), el cual corresponde en este caso:

Tabla 14. Factor mayor de visión geométrico horizontal.

Factor mayor de visión geométrico	Valor
a_v/b	1,5
a_r/b	1,5
c/b	4,0

Por lo tanto, utilizando la tabla 6, se obtuvo (Tabla 15):

Tabla 15. Factor de visión geométrico horizontal para estaciones del año, verano e invierno.

Factor de visión geométrico horizontal para cada estación del año.	Valores
Verano	0,0047
Invierno	0,0047

Para el factor de visión geométrico vertical (Tabla 16), se obtuvo de acuerdo a la tabla 6:

Tabla 16. Factor de visión geométrico vertical.

Factor de visión geométrico vertical	Formula	Valor
b/c	5,93 / 28,04	0,43
a _v /c	7,12 / 28,04	0,34
a _l /c	7,07 / 28,04	0,33

Empleando el mismo criterio de factor geométrico horizontal, se obtiene con la ayuda de la tabla 6 (Tabla 17):

Tabla 17. Factor mayor de visión geométrico vertical.

Factor mayor de visión geométrico	Valor
b/c	0,50
a _v /c	0,50
a _l /c	0,50

Por lo tanto, utilizando la tabla 6, se obtuvo (Tabla 18).

Tabla 18. Factor de visión geométrico vertical para estaciones del año, verano e invierno.

Factor de visión geométrico vertical para cada estación del año.	Valores
Verano	0,0599
Invierno	0,0599

iii) Intensidad de radiación de la llama (E):

Esta variable, depende del tipo de combustible y del diámetro de la base del líquido incendiado, el cual está dado por la tabla 19, que indica para diversos combustibles los valores de E.

Tabla 19. Líquidos con temperatura de ebullición menos a la temperatura de ambiente.

LÍQUIDOS CON TEMPERATURA EBULLICIÓN > TEMPERATURA AMBIENTE (CHARCOS NO HIRVIENTES)	
Acetato de vinilo	30
Acetonitrilo	37
Acrilonitrilo	26
Acido fórmico	=2
Alcohol alílico	38
Acrilato de metilo	30
Benceno	70
Bromo	
N-butil mercaptano	85
T-butil mercaptano	73
Cloroforno	=1
Cloruro de alilo	32
Dicloropropano	20
Dietilamina	77
Disulfuro de carbono	16
Epiclorhidrina	22
Etilendiamina	30
Etil mercaptano	59
Formiato de etilo	30
Formato de metilo	19
Metanol	15
Nafta disolvente	68
Oxido de propileno	45
Tetracloruro de carbono	=1
Tetraetilo de plomo	20
Tetrahidrotiofeno	-

Correspondiendo para el aceite mineral:

$$E = 22,10 \text{ KW/m}^2$$

Por lo tanto, según la fórmula principal de irradiación recibida por una persona u objeto en posición vertical y horizontal para las estaciones de invierno y verano será de (Tabla 20):

$$q = d \times F \times E$$

Tabla 20. Irradiación recibida para posición vertical en las estaciones de invierno y verano.

Estación	Irradiación recibida en posición vertical.	Irradiación recibida en posición horizontal
Invierno	1,07 KW/m ²	0,084 KW/m ²
Verano	1,03 KW/m ²	0,081 KW/m ²

El límite soportable para las personas es de 4 a 5 KW/m².

Radiación máxima tolerable para personas y materiales, están expresadas en la tabla 21:

Tabla 21. Radiación tolerable de materiales y personas.

MÁXIMA RADIACIÓN TOLERABLE	
	Irradiación térmica kW/m ²
Materiales	
Pared de ladrillos.....	400
Hormigón armado.....	200
Cemento.....	60
Acero.....	40
Madera.....	10
Personas	
Durante 20 s. sin quemaduras.....	6,5
Bomberos y personas protegidas....	4,7
Personas desprotegidas.....	4,0

Anexo 12. Análisis de consecuencias para la bodega de gas inflamable utilizando NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases.

La fórmula principal para la determinación de la radiación térmica es la siguiente:

$$q = d \times F \times E$$

Obteniéndose como resultado para cada variable:

i) Coeficiente de transmisión atmosférica (d):

Se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$d = 2,02 \times (P_v \times X)^{-0,09}$$

Pv: Presión parcial del vapor de agua a la temperatura determinada (Pa), X: Longitud de recorrido de la radiación, distancia desde la superficie de llama al blanco receptor (m).

Para la determinación del coeficiente de transmisión atmosférica se consideró las temperaturas promedio de invierno y verano y también la humedad relativa del aire ambiental de estas épocas del año en la ciudad de Los Ángeles a través la página meteorológica freemeteo (Tabla 1), también se determinó X, el cual será de 28,04 m ya que es la distancia a la cual se encuentran los trabajadores más cercanos al lugar en estudio.

Tabla 1. Temperatura y humedad relativa de la ciudad de Los Ángeles.

Época del año	Temperatura ambiente	Humedad relativa
Invierno	8,8 °C	79,93 %
Verano	19,35 °C	59,20 %

La presión parcial del vapor de agua se calcula a partir de la humedad relativa del aire ambiental y de los valores de las presiones de vapor saturado a diferentes temperaturas dados en la tabla 2.

Tabla 2. Presión de vapor saturado del agua (Pa) en función de la temperatura (°C).

Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)	Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)
0	600	19	2170
2	700	20	2310
4	800	21	2450
6	920	22	2610
8	1060	23	2770
10	1210	24	2940
11	1300	25	3130
12	1380	26	3320
14	1580	27	3520
15	1680	28	3730
16	1790	29	3950
17	1920	30	4190
18	2040		

La presión de vapor según la temperatura existente, está dada en la tabla 2. Ya que las cifras de temperatura no son números enteros, se debe realizar una interpolación para la determinación de la presión de vapor saturado del agua (Tabla 3).

Tabla 3. Presión de vapor según temperatura.

Época del año	Temperatura	Presión de vapor saturada
Invierno	8,8 °C	1120 Pa
Verano	19,35 °C	2219 Pa

La presión parcial de vapor se calcula multiplicando la humedad relativa por la presión de vapor saturado a la temperatura existente (Tabla 4).

$$P_v = \text{Humedad Relativa} \times \text{Presión de vapor saturado.}$$

Tabla 4. Presión de vapor parcial (Pv).

Época del año	Humedad relativa	Presión de vapor saturado	Presión de vapor parcial
Invierno	0,7993	1120 Pa	895,216 Pa
Verano	0,5920	2219 Pa	1313,648 Pa

Reemplazando en la formula inicial de coeficiente de transmisión atmosférica se obtiene (Tabla 5):

$$d = 2,02 \times (Pv \times X)^{-0,09}$$

Tabla 5. Coeficiente de transmisión atmosférica según época del año.

Época del año	Coeficiente de transmisión atmosférica (d)
Invierno	0,81
Verano	0,78

ii) Factor de visión geométrico vertical y horizontal:

Para este estudio se consideró el incendio de forma rectangular (Figura 1), por lo que se determinó los correspondientes factores de visión geométrica indicados en la tabla 6.

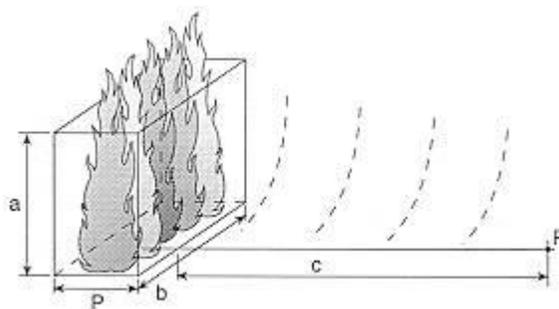


Figura 1. Forma de incendio con frente rectangular.

Tabla 6. Factor de visión geométrica para incendio rectangular.

Factor de visión horizontal, F_h									
a/b	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	
0,1	0,0732	0,1380	0,1705	0,1998	0,2126	0,2217	0,2279	0,2305	
0,2	0,0263	0,0728	0,1105	0,1549	0,1774	0,1944	0,2063	0,2113	
0,3	0,0127	0,0414	0,0720	0,1182	0,1459	0,1687	0,1855	0,1928	
0,4	0,0073	0,0257	0,0485	0,0899	0,1190	0,1452	0,1660	0,1752	
0,5	0,0047	0,0171	0,0339	0,0687	0,0966	0,1243	0,1478	0,1588	
0,6	0,0032	0,0120	0,0245	0,0530	0,0784	0,1059	0,1312	0,1436	
0,7	0,0023	0,0087	0,0182	0,0414	0,0638	0,0903	0,1162	0,1296	
0,8	0,0017	0,0065	0,0139	0,0327	0,0522	0,0767	0,1028	0,1169	
0,9	0,0013	0,0050	0,0108	0,0261	0,0429	0,0653	0,0908	0,1054	
1,0	0,0010	0,0040	0,0086	0,0211	0,0355	0,0557	0,0803	0,0951	
1,2	0,0007	0,0026	0,0056	0,0142	0,0249	0,0409	0,0629	0,0774	
1,5	0,0004	0,0015	0,0032	0,0084	0,0152	0,0265	0,0440	0,0572	
2	0,0002	0,0007	0,0015	0,0041	0,0076	0,0139	0,0253	0,0355	
3	0,0001	0,0002	0,0005	0,0013	0,0026	0,0050	0,0100	0,0154	
4	—	0,0001	0,0002	0,0006	0,0011	0,0023	0,0047	0,0077	
5	—	—	0,0001	0,0003	0,0006	0,0012	0,0026	0,0043	

Factor de visión vertical, F_v												
b/c	10	5	3	2	1	0,75	0,50	0,25	0,2	01	0,05	0,02
10	0,2480	0,2447	0,2369	0,2234	0,1767	0,1499	0,1118	0,0606	0,0490	0,0249	0,0125	0,0050
5	0,2447	0,2421	0,2350	0,2221	0,1750	0,1491	0,1114	0,0604	0,0489	0,0248	0,0124	0,0050
3	0,2369	0,2350	0,2292	0,2176	0,1734	0,1478	0,1101	0,0598	0,0483	0,0245	0,0123	0,0049
2	0,2234	0,2221	0,2176	0,2078	0,1674	0,1427	0,1068	0,0581	0,0470	0,0239	0,0120	0,0048
1	0,1767	0,1760	0,1734	0,1674	0,1385	0,1193	0,0902	0,0494	0,0400	0,0203	0,0102	0,0041
0,75	0,1499	0,1494	0,1475	0,1427	0,1193	0,1032	0,0784	0,0431	0,0349	0,0178	0,0089	0,0036
0,50	0,1118	0,1114	0,1101	0,1068	0,0902	0,0784	0,0599	0,0331	0,0268	0,0137	0,0069	0,0027
0,25	0,0606	0,0604	0,0598	0,0581	0,0494	0,0431	0,0331	0,0184	0,0149	0,0076	0,0038	0,0015
0,20	0,0490	0,0489	0,0483	0,0470	0,0400	0,0349	0,0268	0,0149	0,0121	0,0062	0,0031	0,0012
0,10	0,0249	0,0248	0,0245	0,0239	0,0203	0,0178	0,0137	0,0076	0,0062	0,0031	0,0016	0,0006
0,05	0,0123	0,0124	0,0123	0,0120	0,0102	0,0089	0,0069	0,0038	0,0031	0,0016	0,0008	0,0003
0,002	0,0050	0,0050	0,0049	0,0048	0,0041	0,0036	0,0027	0,0015	0,0012	0,0006	0,0003	0,0001

$$F_{\max} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}$$

De acuerdo a la figura 1, la altura de las llamas se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$a = 29 b_{eq}^{0,7} x m^{0,6}$$

Correspondiendo:

b_{eq} = Diámetro equivalente, m = Caudal de evaporación.

El diámetro equivalente, para lo que se equipara el área del rectángulo a un círculo de radio b_{eq} :

$$b_{eq} = \sqrt{bp}/\pi$$

$$b \times p = \pi b_{eq}^2$$

Correspondiendo (Tabla 7):

Tabla 7. Datos de bodega

Datos	Valores
Largo de la bodega (b)	3,73 m
Ancho de la bodega (p)	1,5 m
b _{eq}	1,78 m

Para el caudal de evaporación m correspondiente para líquidos con punto de ebullición inferior a la temperatura ambiente, se calcula mediante la expresión:

$$m = \frac{hc}{h_v} \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^2\text{s}$$

Dónde:

h_c = Calor de combustión del producto evaporado (J/kg), h_v = Calor latente de vaporización (J/kg).

Obteniéndose (Tabla 8):

Tabla 8. Variables para la determinación del caudal de evaporación.

Datos	Valores
h _c	49.900.000 J/kg (World nuclear association, 2016)
h _v	426.000 J/Kg (Turmo, E.,1993)

Reemplazando en la fórmula para el caudal de evaporación, se obtiene (Tabla 9):

Tabla 9. Caudal de evaporación.

Caudal de evaporación en invierno y verano	Valores del caudal de evaporación
m para verano (m _v):	0,117 Kg/m ² s

Por lo tanto, para la altura de la llama se tiene (Tabla 10):

$$a = 29 b_{eq}^{0,7} \times m^{0,6}$$

Tabla 10. Altura de la llama.

Datos	Altura de la llama en metro (a)
A	11,98

Para c, el cual es la distancia entre el centro de la base de la llama y P, también, puede considerarse otra distancia deseada, para este caso se consideró:

$$P = 28,04 = c$$

Con los datos obtenidos de a, b y c y la ayuda de la tabla n° 6, se obtiene el factor de visión geométrico horizontal y vertical para incendio rectangular, obteniéndose (Tabla 11):

Tabla 11. Factor de visión geométrico horizontal.

Factor de visión geométrico horizontal	Formula	Valor
a/b	11,98 / 3,73	3,21
c/b	28,04 / 3,73	7,51

Teniendo en cuenta que los valores de intensidad media de radiación E, no puede darse gran precisión, se puede optar por el valor más desfavorable, es decir, el factor de mayor visión geométrica (Tabla 12), el cual corresponde en este caso:

Tabla 12. Factor mayor de visión geométrico horizontal.

Factor mayor de visión geométrico	Valor
a/b	2,0
c/b	5,0

Por lo tanto, utilizando la tabla 6, se obtuvo un factor de visión geométrico horizontal:

$$F_h = 0,0043$$

Para el factor de visión geométrico vertical (Tabla 13), se obtuvo de acuerdo a la tabla 6:

Tabla 13. Factor de visión geométrico vertical.

Factor de visión geométrico vertical	Formula	Valor
b/c	3,73 / 28,04	0,13
a/c	11,98 / 28,04	0,42

Empleando el mismo criterio de factor geométrico horizontal, se obtiene con la ayuda de la tabla 6 (Tabla 14):

Tabla 14. Factor mayor de visión geométrico vertical.

Factor mayor de visión geométrico	Valor
b/c	0,2
a/c	0,50

Por lo tanto, utilizando la tabla 6, se obtuvo el factor de visión geométrico vertical:

$$F_v = 0,0268$$

iii) Intensidad de radiación de la llama (E):

Esta variable, depende del tipo de combustible y del diámetro de la base del líquido incendiado, el cual está dado por la tabla 15, que indica para diversos combustibles los valores de E.

Tabla 15. Líquidos con temperatura de ebullición menos a la temperatura de ambiente.

LÍQUIDOS CON $T_E < T_A$ (CHARCOS HIRVIENTES)	
Acetaldehído	32
Amoniaco	13
Butadieno	86
Butano	94
Bromuro de metilo	8
Butileno	93
Cloruro de etilo	14
Cloruro de metilo	14
Cloruro de vinilo	26
Dimetilamina	61
Etano	89
Etileno	89
Metano	95
Oxido de etileno	35
Monóxido de carbono	14
Propano	92
Propileno	93
Sulfuro de hidrógeno	20

Correspondiendo para el propano:

$$E = 92 \text{ KW/m}^2$$

Por lo tanto, según la fórmula principal de irradiación recibida por una persona u objeto en posición vertical y horizontal para las estaciones de invierno y verano será de (Tabla 16):

$$q = d \times F \times E$$

Tabla 16. Irradiación recibida para posición vertical en las estaciones de invierno y verano.

Estación	Irradiación recibida en posición vertical.	Irradiación recibida en posición horizontal
Invierno	1,99 KW/m ²	0,32 KW/m ²
Verano	1,92 KW/m ²	0,30 KW/m ²

El límite soportable para las personas es de 4 a 5 KW/m².

Radiación máxima tolerable para personas y materiales, están expresadas en la tabla 17:

Tabla 17. Máxima radiación tolerable para materiales y personas.

MÁXIMA RADIACIÓN TOLERABLE	
	Irradiación térmica kW/m ²
Materiales	
Pared de ladrillos	400
Hormigón armado	200
Cemento	60
Acero	40
Madera	10
Personas	
Durante 20 s. sin quemaduras	6,5
Bomberos y personas protegidas	4,7
Personas desprotegidas	4,0



Anexo 13. Respuesta de la Secretaría Regional Ministerial, el 28 de diciembre del 2016.

Rosa Oyarzun 28/12/16 (hace 13 días) ☆ ↶ ▾

🔒 para mí ▾

Karyn:
No se si aún te sirva, pero recién el lunes se publicó la Resolución que hace mención al manual. Te adjunto el link donde lo puedes encontrar. <http://web.minsal.cl/sustancias-quimicas-peligrosas/> Tb. adjunto la resolución publicada en el diario Oficial.
saludos

Ing. R. Mabel Oyarzún Ojeda
Departamento de Salud Ambiental
División de Políticas Públicas Saludables y Promoción
Subsecretaría de Salud Pública
Ministerio de Salud
Anexo: 240731 / Teléfono: +56 (2) 5740731

De: karyn rivera [mailto:karynrivera95@gmail.com]
Enviado el: miércoles, 05 de octubre de 2016 2:22

⋮

