



**“Riesgos de explosiones en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291 – 293, para  
minimizar los daños materiales e impacto en la población.”**

Quevedo Arguello, Grace Nicole y Molina Hidalgo, Viviana de los Ángeles

Departamento de Seguridad y Defensa SEGD.

Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Tecnología Superior en  
Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

Ing. Saavedra Acosta, Galo Roberto Mgtr.

10 de febrero del 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de contenidos

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

# QUEVEDO A GRACE Y MOLINA VIVIANA

**2%** Similitudes  
**7%** Texto entre comillas  
+ 1% similitudes entre comillas  
**0%** Idioma no reconocido

Nombre del documento: QUEVEDO A GRACE Y MOLINA VIVIANA.pdf  
ID del documento: d7db7e49915c5612b73dca4abc4cb63d6e46bb  
Tamaño del documento original: 2.3 Mo

Depositante: DANIEL GUSTAVO TOBAR HERRERA  
Fecha de depósito: 23/2/2023  
Tipo de carga: Interfaz  
Fecha de fin de análisis: 23/2/2023

Número de palabras: 14.233  
Número de caracteres: 101.062

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://www.gob.ec">www.gob.ec</a> <a href="http://www.gob.ec/mirroredfiles/regulacion2218-102Documento_ReglamentoAnexoLetrasComu...">http://www.gob.ec/mirroredfiles/regulacion2218-102Documento_ReglamentoAnexoLetrasComu...</a> 11 Fuentes similares	5%		Palabras idénticas: 26.070 palabras
2	Andalucía Cataluña, Paola AlejandraDora   Análisis Colata, Paola Alejandra +0000 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 7 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 19.075 palabras
3	TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR FONSECA CRISTIAN.pdf   TRAJAQ... etzate El documento proviene de mi biblioteca de referencias 4 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 19.076 palabras
4	Documento de otro usuario +0000 El documento proviene de otro grupo 3 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 14.075 palabras
5	saludlaboralydeaccapiedad.org <a href="https://saludlaboralydeaccapiedad.org/wp-content/uploads/2018/05/19-20-estados-de-vulnerabilid...">https://saludlaboralydeaccapiedad.org/wp-content/uploads/2018/05/19-20-estados-de-vulnerabilid...</a> 4 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 14.075 palabras

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	localheat   Descripción de los requerimientos de regulación de la ARCH para la inco... <a href="http://localheat.8088/web/ufes/area/1234567890/1/estad1_1.pdf">http://localheat.8088/web/ufes/area/1234567890/1/estad1_1.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: 14.077 palabras
2	prevencion.uspego.es <a href="https://prevencion.uspego.es/wp-content/uploads/2018/05/19-20-estados-de-vulnerabilid...">https://prevencion.uspego.es/wp-content/uploads/2018/05/19-20-estados-de-vulnerabilid...</a>	< 1%		Palabras idénticas: 14.074 palabras
3	repositorio.uspe.edu.ec   Proyecto de acreditación de la Carrera de Mercadotecnia <a href="http://repositorio.uspe.edu.ec/bitstream/handle/10001/4834/1/19-20-estados-de-vulnerabilid...">http://repositorio.uspe.edu.ec/bitstream/handle/10001/4834/1/19-20-estados-de-vulnerabilid...</a>	< 1%		Palabras idénticas: 14.076 palabras
4	www.iberley.es   Real Decreto 1836/1999 de 3 de Dic (Reglamento sobre Instalacion... <a href="https://www.iberley.es/gestionacion/real-decreto-1836-1999-3-dic-reglamento-sobre-instalaciones-cuad...">https://www.iberley.es/gestionacion/real-decreto-1836-1999-3-dic-reglamento-sobre-instalaciones-cuad...</a>	< 1%		Palabras idénticas: 14.073 palabras
5	www.competencias.gob.ec   Consejo Nacional de Competencias + PREVENCIÓN PR... <a href="http://www.competencias.gob.ec/institucion-y-evaluacion-a-gobierno-autonomo-desarrolla-competencias">http://www.competencias.gob.ec/institucion-y-evaluacion-a-gobierno-autonomo-desarrolla-competencias</a>	< 1%		Palabras idénticas: 14.078 palabras

  
ING. ROBERTO SAAVEDRA  
C.I.: 180273111-5

Ing. Saavedra Acosta, Galo Roberto

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “Riesgos de explosiones en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291 – 293, para minimizar los daños materiales e impacto en la población” fue realizada por las señoritas, Quevedo Arguello, Grace Nicole; Molina Hidalgo, Viviana de los Ángeles; las mismas que cumplen con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Firma  
  
Ing. Saavedra Acosta, Gero Roberto Mgtr.  
C. C. 1802731115





Departamento de Seguridad y Defensa  
Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

### Responsabilidad de Autoría

Nosotras, Quevedo Arguello, Grace Nicole, con cédulas de ciudadanía n° 1725044133 y Molina Hidalgo, Viviana de los Ángeles, con cédulas de ciudadanía n° 0503024580, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Riesgos de explosiones en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291 – 293, para minimizar los daños materiales e impacto en la población"; es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Quevedo Arguello, Grace Nicole

C.C.: 1725044133

Molina Hidalgo, Viviana de los Ángeles

C.C.: 0503024580



Departamento de Seguridad y Defensa  
Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

#### Autorización de Publicación

Nosotras Quevedo Arguello, Grace Nicole, con cédulas de ciudadanía n° 1725044133, Molina Hidalgo, Viviana de los Ángeles, con cédulas de ciudadanía n° 0503024580, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Riesgos de explosiones en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291 – 293, para minimizar los daños materiales e impacto en la población"; en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Quevedo Arguello, Grace Nicole

C.C.: 1725044133

Molina Hidalgo, Viviana de los Ángeles

C.C.: 0503024580

### **Dedicatoria**

El presente proyecto va dedicado a mis padres quienes creyeron en mí siempre y me enseñaron la superación, humildad y sacrificio; a valorar todo lo que tengo, fomentando el deseo de superación y triunfo en la vida, lo que me ha motivado a la culminación de este logro, espero contar siempre con su apoyo incondicional, quiero decirles que gracias a ustedes yo me siento el ser más afortunado de este mundo por tenerles como padres.

**QUEVEDO ARGUELLO, GRACE NICOLE**

### **Dedicatoria**

El presente proyecto se lo dedico a mi padre en el cielo y a mi madre quienes siempre lucharon por darme una carrera profesional, a mi esposo e hijos que supieron comprender mis momentos de ausencia en casa y en mis labores como madre y esposa. No fue fácil pero tampoco imposible, siempre estuvieron ustedes mis cuatro amores animándome secando mis lágrimas, levantándome cuando me sentía caer. Para ustedes y por ustedes va este gran logro.

**MOLINA HIDALGO, VIVIANA DE LOS ÁNGELES**

### **Agradecimiento**

Al concluir esta etapa maravillosa doy gracias a Dios por brindarme la vida, por permitirme disfrutar y ganar una experiencia única dentro del campo universitario, a mis profesores quienes compartieron sus experiencias y conocimientos, gracias por nunca soltarme de la mano y motivarme a culminar mis estudios, pese a mis responsabilidades externas con su carisma y predisposición supieron llegar con un mensaje motivador a cada uno de sus estudiantes, gracias a mis padres, hermanos e hijos que con su cariño, dedicación, paciencia y soporte he cumplido uno de mis objetivos, a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotada noche de estudio y a todas las personas que estuvieron en esta hermosa y complicada fase.

Finalmente me siento eternamente agradecida con mi amigo, profesor, padrino y tutor de tesis Ing. Roberto Saavedra, que con su paciencia, dedicación y epistemología he logrado desarrollar y dar cumplimiento mi proyecto técnico, sin dejar a un lado le agradezco por ser el padrino y testigo de un amor sincero encontrado en las aulas de la universidad; a mis compañeros y amigos por el apoyo incondicional que me brindaron en los momentos difíciles y por construir un ambiente ameno y llevadero durante este arduo proceso; gracias a la Universidad de las Fuerzas Armadas por convertirme en una profesional de la República del Ecuador, acertadamente llevaré el nombre de la institución en alto.

**QUEVEDO ARGUELLO, GRACE NICOLE**



### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por otorgarme sabiduría, paciencia, fortaleza para alcanzar cada una de mis metas más anheladas , agradezco a mi esposo quien aun a pesar de las adversidades siempre me impulsó a conseguir mi objetivo, me enseñó que en la vida nunca hay que rendirse, me enseñó que amigos no existen me enseñó también que el no puedo está en la mente por eso y mucho más gracias amor mío, agradezco a mis hijos quienes se convirtieron en eje del hogar cumpliendo mis responsabilidades viendo en mí un ejemplo a seguir que la edad, la salud o el estatus económico nos un impedimento para cumplir sueños, agradezco a los docentes de la Escuela Superior Politécnica del Ejercito a mi tutor de tesis Ing. Roberto Saavedra quien fue un pilar fundamental en el trayecto estudiantil, quienes siempre confiaron y vieron en mí a una gran profesional, gracias por siempre alentarme a continuar.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento .....	8
Agradecimiento .....	9
Índice de contenido .....	10
índice de tablas.....	14
índice de figuras.....	15
Resumen .....	16
Abstract.....	17
Capítulo I: Tema.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema .....	19
Justificación .....	20
Objetivos .....	20
<i>Objetivo General</i> .....	20
<i>Objetivos Específicos</i> .....	20

Alcance.....	21
Capítulo II: Marco Teórico .....	22
Accidente.....	22
Accidente Mayor.....	22
Bleve .....	22
Bombona de GLP.....	22
Extintores PQS .....	23
<i>Clasificación de extintores .....</i>	<i>23</i>
<i>Conducción .....</i>	<i>24</i>
<i>Explosión .....</i>	<i>24</i>
Fire Ball.....	24
Flash Fire .....	25
Fuego.....	25
Triangulo de Fuego.....	25
Tetraedro del fuego.....	26
GLP (Gas Licuado de Petróleo) .....	26
Humedad Relativa.....	29
Incendio.....	29
<i>Método «Probit» de vulnerabilidad a radiaciones térmicas .....</i>	<i>31</i>

<i>NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases</i> .....	31
<i>Variables para los fenómenos de tipo térmico</i> .....	32
<i>Valores umbrales para la zona de intervención</i> .....	33
<i>Valores umbrales para la zona de alerta</i> .....	33
Peligro .....	34
Quemadura.....	34
Radiación.....	35
Riesgo.....	35
Temperatura.....	35
Fundamento Legal.....	35
Capítulo III: Desarrollo.....	44
Descripción de la empresa.....	44
Organigrama empresarial .....	45
Proceso de comercialización .....	45
Descripción y diagrama de flujo de los procesos.....	46
Desarrollo de los Objetivos.....	46
<i>Identificar los factores de riesgo: de ignición, propagación y limitación de incendi o mediante la NTP 599, en la distribuidora de GLP.</i> .....	46
<i>Calcular la radiación térmica y el sobrecalentamiento en los cilindros de GLP en las distribuidoras aplicando la NTP 293 -291</i> .....	47

<i>Calculo del Método Probit en la distribuidora CEDEDI El Chasqui .....</i>	<i>57</i>
<i>Simulación del alcance de explosión mediante el software Aloha, en la distribuidora CEDEDI El Chasqui. ....</i>	<i>59</i>
<i>Aplicación del Índice Dow para la evaluación de riesgos de explosión en la Distribuidora CEDEDI El Chasqui.....</i>	<i>63</i>
<i>Elaborar una matriz de verificación de cumplimiento de requisitos técnico y legal para prevenir el riesgo de incendio y explosión en las distribuidoras de GLP. ....</i>	<i>63</i>
<i>Plan de Ordenamiento Territorial Ambato 2020.....</i>	<i>64</i>
<i>Plan de emergencia.....</i>	<i>69</i>
<i>Análisis Costo Beneficio.....</i>	<i>70</i>
<b>Capacitaciones Distribuidora CEDEDI “El Chasqui” .....</b>	<b>71</b>
<b>Capítulo IV: Conclusiones Y Recomendaciones .....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>79</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Máxima radiación tolerable para materiales y personas</i> .....	32
<b>Tabla 2</b> <i>Valores umbrales</i> .....	33
<b>Tabla 3</b> <i>Número de trabajadores</i> .....	45
<b>Tabla 4</b> <i>Variación de temperatura y humedad</i> .....	57
<b>Tabla 5</b> <i>Método Probit</i> .....	58
<b>Tabla 6</b> <i>Clasificación de los centros de GLP</i> .....	66
<b>Tabla 7</b> <i>Distancia de Seguridad en metros</i> .....	67
<b>Tabla 8</b> <i>Análisis de Costo</i> .....	71
<b>Tabla 9</b> <i>Cronograma de actividades de mejora</i> .....	72

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> <i>Partes de la bombona de GLP</i> .....	23
<b>Figura 2</b> <i>Propiedades del GLP</i> .....	27
<b>Figura 3</b> <i>Condiciones de almacenamiento</i> .....	29
<b>Figura 4</b> <i>Croquis Geo-Referencial</i> .....	44
<b>Figura 5</b> <i>Tabulación NTP 599</i> .....	47
<b>Figura 6</b> <i>Presión del agua saturada</i> .....	48
<b>Figura 7</b> <i>Propiedades de hidrocarburos y combustibles</i> .....	49
<b>Figura 8</b> <i>Propiedades, figuras y diagramas</i> .....	50
<b>Figura 9</b> <i>Equivalencia de valores Probit y porcentaje de población afectada</i> .....	59
<b>Figura 10</b> <i>Escenario 1 Aloha</i> .....	60
<b>Figura 11</b> <i>Escenario 2 Aloha</i> .....	61
<b>Figura 12</b> <i>Escenario 3 Aloha</i> .....	62
<b>Figura 13</b> <i>Tabulación cumplimiento</i> .....	69

## Resumen

El presente proyecto de Integración Curricular, fue realizado en la distribuidora de GLP CEDEDI “El Chasqui”, la cual cuenta con un total de 12 trabajadores; se aplicó una lista de verificación con la que se consideró las condiciones iniciales de este centro de distribución, teniendo como resultado que un 7% si cumple con los ítems presentes en el checklist basada en la NTP 599: Evaluación de riesgo de incendio; de igual manera se analizó la afectación y consecuencias de una explosión mediante la utilización del software Aloha, considerando 3 escenarios con un 25%, 50% y 100% de almacenamiento de propano, donde se reflejó como resultado un valor de 317.2 m, 606.2 m y 1031.4 m, respectivamente; posteriormente, se aplicó la metodología descrita en la NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit y la NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica y se determinó las diferentes magnitudes físicas que conllevan a una explosión bleve, se tuvo en cuenta que mientras mayor sea la distancia, la irradiación térmica es menor; finalmente se elaboró una matriz de verificación de cumplimiento de requisitos técnico – legal, con normativa vigente para el funcionamiento de centros de distribución de GLP, las mismas que son indicadas en la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), evidenciando una limitación de la ordenanza de uso de suelo y funcionamiento dentro del GAD Latacunga, con el que se obtuvo un resultado del 60 % de cumplimiento, obteniendo al finalizar una mejora del 54%; adicional a esto se realizó un plan de emergencia con un cronograma de simulacros esperando su sociabilización con la población y trabajadores.

*Palabras clave:* Accidentes mayores, incendio, explosión, distribuidora de GLP, CEDEDI “El Chasqui”



### **Abstract**

The present project of Curricular Integration was carried out in the LPG distributor CEDEDI "The Chasqui", which has a total of 12 workers; a checklist was applied with which the initial conditions of this distribution center were considered, having as a result that 7% complies with the items present in the checklist based on the NTP 599: Fire risk assessment; in the same way the affectation and consequences of an explosion were analyzed using the Aloha software, considering 3 scenarios with 25%, 50% and 100% of propane storage, where it was reflected as a result a value of 317. 2 m, 606.2 m and 1031. 4 m, respectively; subsequently, the methodology described in NTP 291: Models of vulnerability of people due to major accidents: Probit method and NTP 293: Explosions BLEVE (I) was applied: Evaluation of thermal radiation and the different physical magnitudes that lead to a mild explosion were determined, taking into account that the greater the distance, the lower the thermal irradiation; Finally, a matrix was prepared to verify compliance with technical and legal requirements, with current regulations for the operation of LPG distribution centers, which are indicated in the Hydrocarbon Regulation and Control Agency (ARCH), showing a limitation of the ordinance of land use and operation within the GAD Latacunga, with which a result of 60% compliance was obtained, obtaining at the end an improvement of 54%; In addition to this, an emergency plan with a schedule of drills was developed and is awaiting socialization with the population and workers.

*Keywords:* Major accidents, fire, burst, distributor of GLP, CEDEDI "El Chasqui"

## Capítulo I

### Tema

Riesgos de explosiones en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291 – 293, para minimizar los daños materiales e impacto en la población.

#### Antecedentes

En la ciudad de Barrancabermeja al norte de Colombia, en un depósito de cilindros de GLP, se produce una explosión provocando daños humanos, materiales y ambientales; para combatir el fuego, la unidad bomberil de la misma ciudad maniobró seis máquinas extintoras y cincuenta y dos estaciones de servicio, con la cual fue de gran ayuda para extinguir, evitando propagar el incendio en las viviendas aledañas. (La Republica EC, 2022)

La falta de mantenimiento de los cilindros de GLP, generaron las explosiones en Venezuela; los analistas mantienen que solo el 20% de los 15 millones de cilindros de GLP están en condiciones óptimas para el uso y consumo del mismo, muchos de aquellos tanques tienen un aproximado de 20 años de uso, por lo cual estos están en un estado deteriorado y son los causantes de varias muertes que han aumentado en Venezuela – Caracas en los últimos años. (Reuters, 2022)

En la ciudad de Loja, en el sector “El Plateado”, se produjo la explosión de un cilindro de GLP, el mismo que ocasionó un incendio estructural en una piladora de arroz y con ello el fallecimiento de una persona de aproximadamente 34 años de edad, quien sería el dueño de la fábrica. (Emergencia, 2014)

En el sector Las Casas al Norte de Quito, fue registrada una explosión en la bodega de almacenamiento de cilindros de GLP, según los investigadores se pudo concretar que en dicha bodega almacenaban 70 cilindros de GLP de 15 kg, los cuales fueron los causantes del detonante en la capital. (Metro World News, 2022)

La Constitución de la República del Ecuador, es un Instrumento legal que todos están en la obligación de cumplirla, ya que su contenido establece la forma de un Estado de derecho, a través de entidades como: Ministerio de Trabajo, Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), Ministerio del Medio Ambiente, mismos que están en la necesidad de exigir el debido cumplimiento de Normativas, que optimizan en la salud y seguridad en el trabajo y medio ambiente, específicamente NTE INEN 2266, que hace referencia al Transporte, Etiquetado, Almacenamiento y Manejo de Materiales peligrosos; la INEN ISO 3864-1/2013, que es la Norma Técnica de Seguridad en Símbolos Gráficos. Colores de Seguridad y Señales de Seguridad; el Acuerdo Ministerial 1257, que es el Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra incendios. Puesto que estos cuerpos legales que rigen en instituciones públicas y privadas están en la obligación de cumplirlas y al no hacerlo la institución podrá ser sancionada. (Gasselin, 2001).

### **Planteamiento del problema**

El riesgo de explosión en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291-293, para minimizar los daños materiales e impacto en la población, mediante la realización de evaluaciones en la distribuidora de GLP (gas licuado del petróleo) se analizará el grado de riesgo al cual se encuentra expuesta la misma, y de tal manera realizar un adecuado plan de prevención.

Para realizar el proyecto técnico, partiremos de la inspección del estado de la infraestructura de la distribuidora CEDEDI El Chasqui en la que se consideró: conexiones eléctricas, zinc de techos, bigas, suelo y bombonas, ya que el estado de este es factor muy importante, puesto que es una amenaza constante de producir un accidente mayor.

Debido a la existencia de diversos factores de riesgo de incendio y explosión, y a la falta de aplicación de normas en concepto de clasificación y almacenamiento adecuada de los materiales

peligroso que son inflamables, se plantea un estudio de riesgos de incendio y explosión y de la misma manera se simular el evento con el Software Aloha.

### **Justificación**

El presente proyecto técnico se enfocará en evaluar los riesgos de incendio y explosión en la distribuidora de GLP CEDEDI “El Chasqui”, considerando que en la bodega se almacena y administra bombonas de GLP, el cual debe manejarse de manera adecuada, caso contrario podría generar un accidente mayor, afectando a los recursos humanos, económico y ambientales.

Con lo antes expuesto determinaremos la importancia de mantener un sistema de prevención y seguridad adecuada, para de tal manera minimizar el riesgo de incendio y explosión en la distribuidora, con la finalidad de proponer al departamento correspondiente la implementación de una bodega de almacenamiento y distribución que cumpla con la normativa vigente.

Por consiguiente, se ha propuesto calcular la magnitud de afectación mediante el software Aloha, lo que facilitará la toma de decisiones para realizar las diferentes coordinaciones en caso de presentar una emergencia.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Analizar el riesgo de explosiones en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291 - 293, para minimizar los daños materiales e impacto en la población.

#### ***Objetivos Específicos***

- Identificar los factores de riesgo: de ignición, propagación y limitación de incendio mediante la NTP 599, en la distribuidora de GLP.

- Calcular la radiación térmica y el sobrecalentamiento en los cilindros de GLP en las distribuidoras aplicando la NTP 293 -291
- Elaborar una matriz de verificación de cumplimiento de requisitos técnico y legal para prevenir el riesgo de incendio y explosión en las distribuidoras de GLP.

### **Alcance**

La simulación y evaluación en este campo industrial es fundamental puesto a las consecuencias que puede ocasionar en la distribuidora CEDEDI “El Chasqui”, ubicada en la provincia de Cotopaxi – Latacunga sector el Niágara, con la ayuda de la interfaz gráfica perteneciente al software Aloha, se obtendrá en el año 2023, un análisis del porcentaje de daños materiales y humanos por el riesgo de incendio y explosión; mediante esta simulación se podrá determinar la distancia de afectación en el área geográfica en la que se encuentra ubicada, puesto que a su alrededor se encuentran ubicadas viviendas , gasolineras y otras empresas.

El propósito al implementar esta simulación del software Aloha, es tener en cuenta la dimensión de daños y de esa manera proponer medidas preventivas como correctivas y de esa manera minimizar el nivel de afectación.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Accidente

Es todo suceso inesperado, que comienza por causa o acción de una actividad o trabajo, que provoca lesiones, invalidez y/o la muerte. (IESS, 2004)

#### Accidente Mayor

Suceso inesperado de gran magnitud, se da por acontecimientos inauditos durante una actividad que presume un peligro grave para los trabajadores, la población o el medio ambiente, (Varela & Vittoni, 1993)

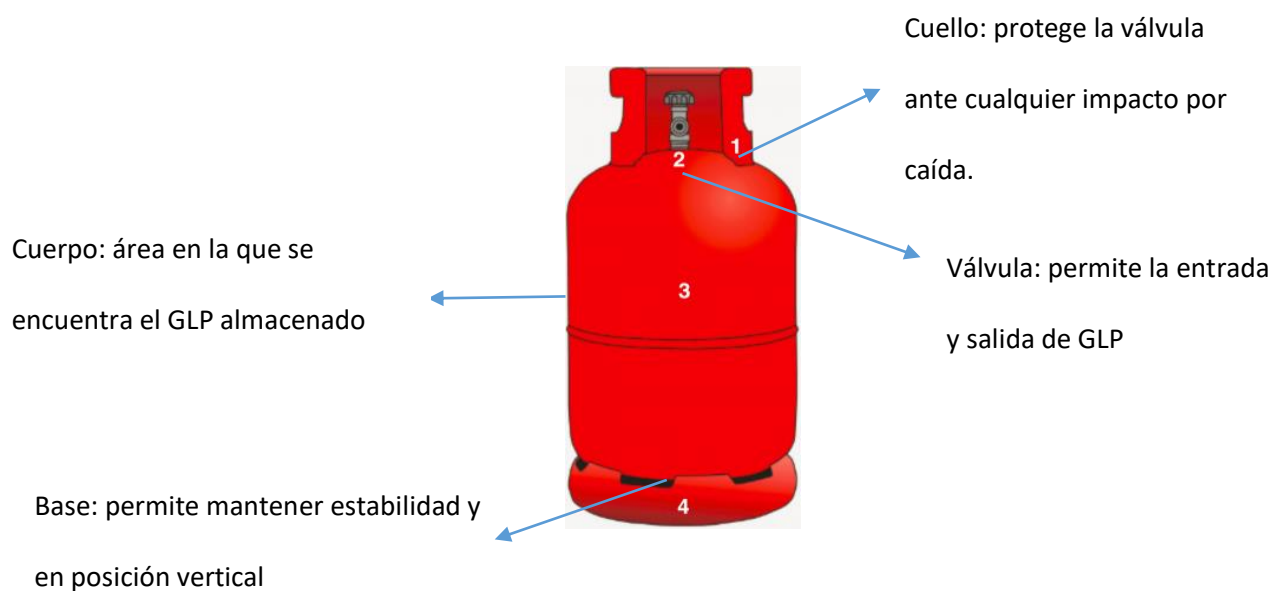
#### Bleve

Es una forma de explosión violenta y rápida cuyo nombre proviene de sus iniciales en inglés Boiling Liquid Expanding (Expansión Explosiva del vapor de un líquido en hervor). (INSH, 1987)

#### Bombona de GLP

Recipiente destinado a encerrar el Gas Licuado del Petróleo con un peso máximo de 40kg. (INSHT, 1988)

El cilindro de acero es diseñado para contener GLP, está formado por el cuerpo, porta válvula, asa y base; tiene una vida útil de 10 años recibiendo un mantenimiento adecuado. (NTE INEN 111, 1998).

**Figura 1***Partes de la bombona de GLP*

*Nota.* En la presente imagen podemos observar una bombona de GLP con sus respectivas partes, la misma que fue tomada de (A-Gas, 2015)

**Extintores PQS**

Es el acto de interrumpir la reacción que se produce en el tetraedro de fuego (Oxígeno, Calor, Combustible y reacción en cadena), debido a la interacción con materiales combustibles. Aplicar el Modo HAPA para combatir el fuego (Agustín González Ruiz et al, 2003)

***Clasificación de extintores***

Para la clasificación de los extintores consiste en designación de letras alfabéticas que indican la clase de incendios para los que se ha demostrado que el extintor es eficaz.

Los extintores de incendios clasificados para su uso en Clase de peligro A o Clase B deben tener un prefijo con un número de designación que indique su eficacia extintora relativa. (INEN, 2009)

Por la clase de incendio a que se destinan, los extintores se clasifican en:

- Extintores clase A. Tipos de fuego con combustible sólido, cartón y plástico.
- Extintores clase B. Tipo de fuego con combustible líquido, aceite, gasolina, o pintura
- Extintores clase C. fuego en el que el combustible son gases, butano, propano, gas natural.
- Extintores clase D. Tipo de fuego cuando el combustible es un metal (magnesio, sodio y aluminio)
- Extintor clase f: Tipo de fuego derivados de aceites y grasas. (INEN, 2009)

### ***Conducción***

En la transferencia punto a punto de energía térmica a través de un sólido con un cambio de temperatura, a mayor temperatura, más calor se transfiere. (Guiomar Duarte Viejo, Tomás Piqué Ardanuy, 2001)

### ***Explosión***

La intensa y rápida expansión del sistema energético, y puede ser causada por diversas formas de cambios físicos o químicos, que van acompañados de cambios en la energía potencial y en general de ondas anchas que son destructivas para el contenedor o la estructura. Por tanto, se distinguen dos tipos de explosiones: Físicas y Químicas (UCM , 2014)

### **Fire Ball**

Es la energía calorífica, liberada brusca y rápidamente, que sube verticalmente en forma de bola incandescente. (Martín, 2008)



### **Flash Fire**

Es un fenómeno de incendio que puede ocurrir en áreas abiertas o cerradas donde existe una alta concentración de gases inflamables en el ambiente. (Asociación Nacional de Protección contra Incendios, 2018)

### **Fuego**

Es un proceso de quemado representado por una reacción química de oxidación del inflamable. (Mangosio, 2011).

- **Clase A.-** Son los fuegos de materias sólidas de naturaleza orgánica, ejemplo: madera, carbón, tela, papel, cartón, paja, plástico, caucho, etc.
  - **Clase B.-** Son fuegos de líquidos o sólidos licuables. Ejemplo: gasolina, aceite, alcohol, gasóleo, alquitrán, aceites, ceras, parafinas, etc.
  - **Clase C.-** Se trata de fuego de gas. Ejemplo: acetileno, butano, metano, propano, gas natural, gas ciudad, hidrógeno, propileno, etc.
  - **Clase D.-** Son fuego metálico. Ejemplo: polvo de aluminio, potasio, sodio, magnesio, etc.
- Clase F.-** Son incendios provocados por la utilización de ingredientes de cocción (grasas y grasas vegetales o animales) en aparatos de cocina. (Asepeyo, 2014)

### **Triangulo de Fuego**

Ocurre cuando coexisten tres factores en el tiempo y el espacio: una sustancia combustible, un oxidante (oxígeno en el aire) y el calor requerido para la combustión (Asepeyo, 2014)

### **Tetraedro del fuego**

Además de los factores anteriores, el establecimiento de este tipo de teoría y la existencia de llamas requiere la existencia de una reacción en cadena ilimitada (cerrada) de gases y vapores que se difunden en el aire (Asepeyo, 2014)

### **GLP (Gas Licuado de Petróleo)**

Gas Licuado del Petróleo, son hidrocarburos que a temperatura ambiente y a presión normal se encuentra en estado gaseoso. (Jiménez, 2008), también se lo define como un combustible derivado de una mezcla de dos hidrocarburos que son el propano y butano y otros en pequeñas cantidades, este se obtiene en la refinación de crudo o en la separación de crudo o gas natural en pozos de producción. (Trujillo Mejia, 2012)

El gas licuado de petróleo (GLP) se originó en los Estados Unidos entre 1900 y 1912, y se descubrió que el petróleo crudo tenía una alta tendencia a volatilizarse debido a las sustancias volátiles del combustible. Estos elementos no podían almacenarse como líquidos y eran gases altamente inflamables y poco prácticos, por lo que desaparecían en la atmósfera o se quemaban. (Snelling, Historia del GLP, 2019)

Las propiedades del GLP son:

- Se licúa a bajas presiones, aproximadamente 60-120 psi, dependiendo de la mezcla de propano y butano.
- Tiene una gran fuerza expansiva, y cuando cambia de líquido a gas, su volumen aumenta unas 270 veces.
- Son productos puros, sino mezclas de butano, propano y otros hidrocarburos.

**Figura 2***Propiedades del GLP*

	<b>Propano Comercial</b>	<b>Butano Comercial</b>
Presión de vapor en kPa ( presión absoluta) a:		
20°C	1.000	220
40°C	1.570	360
45°C	1.760	385
55°C	2.170	580
Peso específico	0,504	0,582
Punto de ebullición inicial a 1,00 atm de presión, °C	- 42	- 9
Peso por metro cúbico de líquido a 15,56°C, kg	504	582
Calor específico del líquido, kilojoules por kilogramo, a 15,56°C	1,464	1,276
Metros cúbicos de vapor por litro de líquido a 15,56°C	0,271	0,235
Metros cúbicos de vapor por kilogramo de líquido a 15,56°C	0,539	0,410
Peso específico del vapor (aire = 1) a 15,56°C	1,50	2,01
Temperatura de ignición en aire, °C	493-549	482-538
Temperatura máxima de llama en aire, °C	1.980	2.008
Límites de inflamabilidad en aire, % de vapor en la mezcla aire-gas:		
Inferior	2,15	1,55
Superior	9,60	8,60
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición:		
Kilojoules por kilogramo	428	388
Kilojoules por litro	216	226
Cantidad de calor total luego de la vaporización:		
Kilojoules por metro cúbico	92.430	121.280
Kilojoules por kilogramo	49.920	49.140
Kilojoules por litro	25.140	28.100

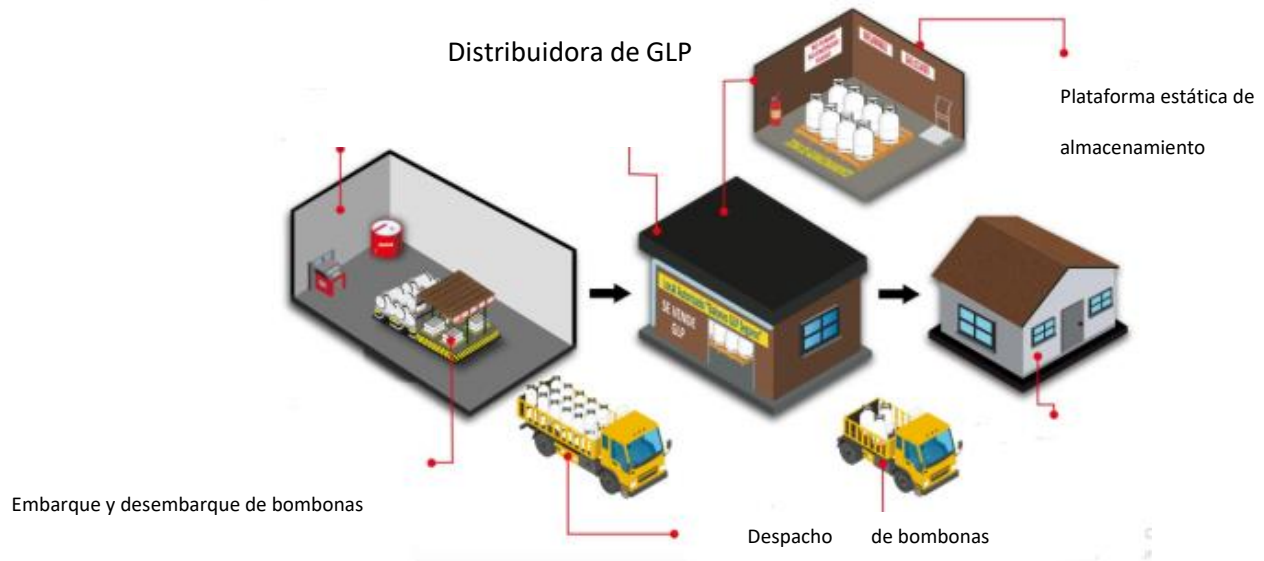
*Nota.* En la siguiente figura podemos observar las propiedades del propano y butano, dado que la composición de la misma varia. Está tomada de (Asociacion Nacional de Proteccion contra Incendio, 2004)

A medida que aumenta la temperatura del gas licuado, aumenta la presión a medida que ingresa al recipiente sellado. Esto se debe a que la presión de vapor aumenta y el líquido también se expande. Por lo tanto, se recomienda no calentar recipientes que contengan gas licuado. Además, el depósito no debe estar completamente lleno de GLP. Sin embargo, el volumen total del tanque debe dejar al menos 15 litros de espacio para que el líquido se expanda. Hasta ahora, el GLP tiene un punto de ebullición en el que cambia de líquido a gas. Sin embargo, el punto de aceptación para gas licuado es  $-26^{\circ}\text{C}$  (aprox.). Esto significa que la mayoría de los lugares del mundo hierven a temperatura ambiente, por lo que normalmente no es necesario llevar una fuente de calor adicional para hervir el GLP. El aire que nos rodea es bastante cálido. (INEN, 2015)

Las condiciones adecuadas para almacenamiento son:

- Los tanques deben almacenarse en un área bien ventilada protegida de la luz solar, el agua, la lluvia, la humedad y los ambientes corrosivos. Debe almacenarse lejos de agentes oxidantes fuertes como oxígeno, óxido nitroso, nitratos, percloratos e hipocloritos.
- Las áreas de almacenamiento deben estar claramente marcadas, sin obstrucciones y accesibles sólo por personal capacitado y autorizado. No lo coloque cerca de áreas de mucho tráfico.
- Es imperativo ubicar el tanque al aire libre para minimizar el riesgo. (Norma Técnica Colombiana, 1996)

Si se requiere almacenamiento en interiores, el área de almacenamiento debe aislarse con paredes hechas de materiales incombustibles y resistentes al fuego. Las paredes deben ser rectas y sin aberturas. No se permite el uso de más de 2 paredes. La altura mínima de la pared está determinada por la hipotenusa del triángulo rectángulo formado al conectar los tres puntos definidos a continuación: (Norma Técnica Colombiana, 1996)

**Figura 3***Condiciones de almacenamiento*

*Nota.* En la presente figura podemos observar el diagrama de condiciones de almacenamiento y comercialización de las bombonas de GLP para realizar un trabajo seguro (Norma Técnica Colombiana, 1996)

### **Humedad Relativa**

Es la relación entre la cantidad de vapor de agua que puede contener el aire (humedad absoluta) y la cantidad máxima que puede contener el aire a esa temperatura (humedad de saturación absoluta). (Sistemas de Ventilación SLU, 2018).

### **Incendio**

Es un fuego fuera de control que alcanza una velocidad de propagación reveladora y se extingue o se produce una liberación de calor significativa, resultando en lesiones personales por humos, humos tóxicos y altas temperaturas, así como daños a las instalaciones, productos y edificios. (Neira, 2006)

Factores de riesgo de incendio: Un incendio no se puede extinguir a menos que se elimine uno de los tres factores que determinan la probabilidad de un incendio (oxidante, calor, reacción en cadena).

- Combustible: Los límites de inflamabilidad o explosividad, las temperaturas de ignición y los poderes caloríficos son propiedades inherentes a los combustibles o sustancias combustibles.
- Comburente: se produce en cualquier mezcla de gases en relación con el oxígeno y se desarrolla la combustión. (Navas, 2018)

### **NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit**

Estas ecuaciones son útiles o aplicables para una valoración de incendios repentinos de corta duración, como una bola de fuego producida por la bveda que no tiene tiempo de escapar, y también para derrames de fuego que forman una piscina en llamas donde intenta escapar y buscar refugio detrás de objetos.

En este último caso, el tiempo efectivo de exposición se determina mediante la fórmula propuesta por TNO:

$$t_{ef} = t_r + \frac{3}{5} * \frac{X_0}{\mu} \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\mu}{X_0} * t_v \right)^{-5/3} \right]$$

Donde:

$t_{ef}$  = Tiempo de exposición efectivo (s).

$t_r$  = Tiempo de reacción (5 segundos).

$X_0$  = Distancia al centro del incendio (m).

$\mu$  = Velocidad de escape de una persona (m/s).

$t_v$  = Tiempo en llegar a la distancia en la que la intensidad de irradiación sea 1 kW/m<sup>2</sup> (S)

La ecuación probit no es adecuada para concentraciones relativamente bajas y tiempos de exposición muy largos, para los cuales los métodos de estimación serían diferentes. Su uso se limita al análisis de consecuencias agudas e inmediatas. (Emilio Turmo Sierra, 1991)

### ***Método «Probit» de vulnerabilidad a radiaciones térmicas***

Este método se utiliza para determinar la proporción de personas expuestas a los efectos de la radiación de calor en función de la intensidad de la radiación recibida y el tiempo de exposición. Las fugas y la ignición inmediata de líquidos y gases inflamables pueden provocar un charco en llamas, una explosión de bote o una lluvia de llamas.

Las lesiones provocadas se deben principalmente a la radiación térmica. Si el gas no se enciende inmediatamente, se extenderá a la atmósfera. Si la nube de gas resultante se encuentra con una fuente de combustión cercana, se supone que todas las personas en la nube de gas en llamas morirán por quemaduras y asfixia, aunque la duración de la radiación térmica en la región sin nubes de gas suele ser corta, el daño depende de la distancia y debe evaluarse caso por caso.

### ***NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases***

En la Directriz Básica para la elaboración y homologación de los Planes Especiales del Sector Químico (BOE 6-2-1991), establece unos valores umbrales que deben ser aprobados para limitar el área de intervención y el área de perturbación, que son respectivamente 5 kW/m<sup>2</sup> con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos y 3 kW/m<sup>2</sup>.

El límite que las personas pueden tolerar es de 5 kW/m<sup>2</sup>, considerando que la radiación solar es de alrededor de 1 kW/m<sup>2</sup> en un día de verano. (NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases, 1991)

**Tabla 1**

*Máxima radiación tolerable para materiales y personas*

<b>MÁXIMA RADIACIÓN TOLERABLE</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Irradiación térmica Kw/m<sup>2</sup></b>
Pared de ladrillos	400
Hormigón armado	200
Cemento	60
Acero	40
Marera	10
<b>Personas</b>	
Duración 20s sin quemaduras	6.5
Bomberos y personas protegidas	4.7
Personas desprotegidas	4.0

*Nota.* En la tabla 1, se puede observar los valores tolerables de materia prima de una infraestructura y de una persona. Tabla obtenida (Emilio Turmo Sierra, 1991)

A partir de los 4 kw/m<sup>2</sup>, las personas sin ropa de protección especial ya no pueden tolerar la radiación recibida, pero se desconoce el porcentaje de personas expuestas a quemaduras, por lo que se utiliza el método probit.

#### ***Variables para los fenómenos de tipo térmico***

La dosis de radiación D que las personas reciben de las llamas o cuerpos incandescentes en incendios y explosiones se expresa como:

$$D = I_m^{4/3} \cdot t_{exp}$$

Donde  $I_m$  es la intensidad media recibida, en kW/m<sup>2</sup>, y  $t_{exp}$ , es el tiempo de exposición en segundos. Este punto se aplica a intensidades superiores a 1,7 kW/m<sup>2</sup>; a valores inferiores a los



mencionados anteriormente, el tiempo de exposición es casi irrelevante, es decir, se cree que bajo estas condiciones la mayoría de la población puede estar expuesta por largos periodos de tiempo sin daño.

A efectos de diseño, para incendios de corta duración que persistan menos de un minuto, el tiempo de exposición es proporcional a su duración; para una duración mayor, el tiempo de exposición se define como el tiempo necesario para que la persona afectada llegue al área protegida de la radiación o cuya intensidad calorífica sea inferior a 1,7 kW/m<sup>2</sup>.

### **Valores umbrales para la zona de intervención**

Una dosis de radiación térmica de  $250 \text{ (kW/m}^2)^{4/3} \cdot \text{s}$ , equivalente a las combinaciones de intensidad térmica y tiempo de exposición que se indican a continuación.

**Tabla 2**

*Valores umbrales*

$I \text{ kW/m}^2$	7	6	5	4	3
$t_{exp} \text{ s}$	20	25	30	40	60

*Nota.* En la tabla 2, se puede observar los valores umbrales para la zona de intervención. Tabla obtenida (Juan Carlos R, 2003)

### **Valores umbrales para la zona de alerta.**

Una dosis de radiación térmica de  $115 \text{ (kW/m}^2)^{4/3} \cdot \text{s}$ , correspondiente a las combinaciones de intensidad de calor y tiempo de exposición que se indican a continuación. (Juan Carlos R, 2003)

## **Peligro**

Es una condición física que puede resultar en lesiones personales, daños a la propiedad o al medio ambiente, o una combinación de estas emergencias. (Organización Internacional del Trabajo , 1991)

## **Quemadura**

Las quemaduras son lesiones en la piel, resultado del contacto de los tejidos del cuerpo con el calor. Por lo general, es una causa accidental en el hogar o el lugar de trabajo, siendo las principales causas el fuego, los líquidos hirviendo o llamas, los sólidos incandescentes, los productos químicos, la radiación y la electricidad. (José Luis Moliné Marco, Dolores Solé Gómez, 1999)

Las quemaduras disponen de una clasificación que son:

Quemaduras de primer grado: son de espesor parcial, al destruir la epidermis, la capa superficial de la piel, el área dañada se vuelve roja. Esta lesión se llama eritema o de primer grado.

Quemaduras de segundo grado: También es de espesor parcial, destruye varias capas de la epidermis y la dermis, la cual produce inflamación de los tejidos o ampollas denominadas flictenas (erupciones de la piel).

Quemaduras tercer grado: Llamada de espesor total, esta afecta a todas las capas de la piel, incluida la dermis profunda. Se presentan las lesiones cutáneas secas, blancas o carbonizadas, no hay dolor debido a la destrucción de las terminaciones nerviosas, esta es técnicamente llamado escalar.

(José Luis Moliné Marco, Dolores Solé Gómez, 1999)

## **Radiación**

El calor se transmite sin ningún medio o soporte material a los elementos colindantes a través de ondas electromagnéticas (IR). En el caso de un fuego, las llamas emiten radiaciones a las superficies colindantes, consiguiendo que comiencen a arder. (INSST, 1999)

## **Riesgo**

Es la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa relacionada con el trabajo y la gravedad de las lesiones y los peligros para la salud que el evento o la exposición pueden causar. (José Manuel Sánchez, Antonio Enríquez, 2018)

## **Temperatura**

Según el libro Fundamentos de Termodinámica Técnica, la temperatura es una percepción de nuestros sentidos, basada en el concepto de “calor o frío” transmitido por el cuerpo. (Michael Moran, Howard Shapiro, 2005)

## **Fundamento Legal**

- **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008**

Según La Asamblea Constituyente del (2008), decreta en la nueva constitución de Montecristi, la “Organización territorial del Estado”, tomando en consideración dentro del Capítulo cuarto, el “Régimen de competencias” dentro de ello se señala “Artículo 264. Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determina la ley”, dentro de ellas sostiene en el punto “13. Gestionar los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios”(Asamblea Nacional, 2008,p49.)

- **DECRETO EJECUTIVO 2393:** Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores Art. 135, Art 156.

Según el Decreto ejecutivo 2393 menciona que en el “Art. 135.- MANIPULACION DE MATERIALES PELIGROSOS. Para la manipulación de materiales peligrosos, el encargado de la operación será informado por la empresa y por escrito de lo siguiente”:(Rivadeneira, 2016,p.48)

*“1. La naturaleza de los riesgos presentados por los materiales, así como las medidas de seguridad para evitarlos”*

*“2. Las medidas que se deban adoptar en el caso de contacto con la piel, inhalación e ingestión de dichas sustancias o productos que pudieran desprenderse de ellas”*

*“3. Las acciones que deben tomarse en caso de incendio y, en particular, los medios de extinción que se deban emplear”*

*“4. Las normas que se hayan de adoptar en caso de rotura o deterioro de los envases o de los materiales peligrosos manipulados” (Rivadeneira, 2016,p.48)*

*Según el Decreto Ejecutivo 2393 menciona que en el “Art. 156.- BOCAS DE INCENDIO. Estarán provistos de los elementos indispensables para un accionamiento efectivo, de acuerdo a las normas internacionales de fabricación. La separación máxima entre dos bocas de incendio equipadas será de 50 metros”(Rivadeneira, 2016,p.54)*

*“Red de Agua. Será de acero, de uso exclusivo para instalaciones de protección contra incendios y protegida contra acciones mecánicas en los puntos en que se considere necesario”*

*“Fuente de abastecimiento de agua. Siempre existirá un depósito adicional con capacidad suficiente y equipos de bombeo adecuados, abastecido por dos fuentes de suministro, en previsión de desabastecimiento de la red pública de REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES*

*Los equipos eléctricos de bombeo contarán igualmente con dos fuentes de abastecimiento de energía, con conmutador de acción automática”(Rivadeneira, 2016,p.54)*

- **RESOLUCIÓN CD 513: REGLAMENTO DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DE TRABAJO**

(Capítulo XII Accidentes Mayores) Art. 138 Prevención de incendio y explosión menciona “Los constructores contratistas, son responsables de que en toda obra de construcción se tomen las acciones necesarias para prevenir incendios, explosiones y escape o derrame de sustancias que pudieran afectar a los trabajadores, a terceros al ambiente”(Instituto Ecuatoriano de Seguridad, 2017,p.185)

*1.” Para evitar incendio y explosión, la empresa y/o la obra mantendrá un programa de orden, aseo y limpieza. Los materiales inflamables, explosivos y químicos se almacenarán en lugares especiales, bien ventilados y lejos de fuentes de ignición.*

*2. Todo circuito de gas comprimido se debe almacenar alejado de las fuentes de calor, protegido contra las inclemencias del tiempo y de los golpes, caídas de objetos o cambios bruscos de temperatura a la que pueda estar expuesto.*

*3. Al trasladar o mover un cilindro manualmente, aunque sea una pequeña distancia, se debe colocar la capota protectora para evitar dañar las válvulas del mismo. Para la manipulación normal el cilindro debe girar sobre su base y evitar rodar como rodillos.*

*4. Cuando la manipulación de los cilindros se haga con grúas, es necesario disponer de una cesta para su colocación con los manómetros fuera y colocado el capuchón.*

*5. Antes de efectuar trabajos de soldadura, se debe retirar los materiales de fácil combustión o altamente volátiles.*

*6. Todo cilindro con fuga o escape de gas, se debe extraer inmediatamente del lugar y manipular según instrucciones escritas y difundidas. 186*

7. Se prohíbe: a) Hacer fuego o quemar desechos dentro de la obra de construcción; b) Usar grasas o aceites para lubricar las válvulas de los cilindros; c) Colocar los cilindros de oxígeno cerca de los cilindros de acetileno u otro gas; y, d) Alterar los dispositivos de seguridad de los cilindros de gas”(Instituto Ecuatoriano de Seguridad, 2017,p.185-186)

- **ACUERDO MINISTERIAL 1257: Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios.**

Según acuerdo ministerial menciona que fue publicado como Registro Oficial Supremo 114, donde se fortalece el cumplimiento de normativas INEN y NFPA dentro de las normas de construcción y seguridades en las construcciones, en especial en la accesibilidad y medios de egreso, escaleras, salidas de escape, iluminación y señalización de emergencia. Así mismo, el MIES (2008), señala específicamente el cumplimiento de normas para “extintores portátiles contra incendios” y “boca de incendios equipada”. Por otra parte, detalla otros medios de control de incendios como; bocas de impulsión para incendio, hidrantes, rociadores automáticos de agua, sistemas automáticos de detección, sistemas de gas GLP, tanque de almacenamiento de combustibles y sobre la instalación y diseño de sistemas eléctricos, que cumplan las normas establecidas en el “Código Eléctrico Ecuatoriano y por normas INEN” (Paciente Vázquez Méndez, 2009,p.1-62)

- **REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

#### **CAPITULO I**

Según el reglamento de prevención y protección cintra incendios manifiesta, “Art. 2.- Control y responsabilidad. - Corresponde a los cuerpos de bomberos del país, a través del Departamento de Prevención (B2). cumplir y hacer cumplir lo establecido en la Ley de Defensa Contra Incendios y sus reglamentos; velar por su permanente actualización. La inobservancia del presente reglamento,

*establecerá responsabilidad según lo dispone el Art. 11 numeral 9 y Art. 54 inciso segundo de la actual Constitución Política del Estado”(Paciente Vázquez Méndez, 2009,p.3)*

- **REGLAMENTO PARA AUTORIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE COMERCIALIZACIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (Resolución N°. 0040001 DIRECTORIO – ARCH 2015)**

Capítulo II CONDICIONES GENERALES

Según el reglamento para autorización de actividades emitido por la ARCH manifiesta, “Art. 3.- *Autorización: La autorización para ejercer las actividades de comercialización de gas licuado de petróleo (GLP), en cilindros o al granel (instalaciones centralizadas o segmento vehicular), será expedida por el ministro Sectorial o el director ejecutivo de la ARCH, según el caso”(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Licuado-Petróleo.pdf, 2016,p. 1-19)*

*Manifiesta, “Art. 4.- Autorización para comercializar GLP al granel: Sólo las empresas calificadas y autorizadas para comercializar GLP en cilindros, podrán obtener la calificación y autorización para comercializar GLP al granel a instalaciones centralizadas o al segmento vehicular”(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Licuado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)*

*Manifiesta, “Art. 5.- Servicio Público: La comercialización de Gas Licuado de Petróleo, de conformidad con el artículo 68 de la Ley de Hidrocarburos es un servicio público, que deberá ser prestado respetando los principios señalados en la Constitución, servicio que no podrá paralizarse o suspenderse, salvo caso fortuito o fuerza mayor, debidamente justificado ante la ARCH.”(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Licuado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)*

Manifiesta," Art. 6.- Precios: *La venta de GLP al consumidor final, en los diferentes segmentos de consumo, será realizada aplicando los precios establecidos en el Reglamento expedido para el efecto*" (Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Liquado-Petróleo.pdf, 2016)

Manifiesta, "Art. 8.- Regulación y Control: *Las actividades de comercialización de GLP están sujetas a la regulación que emita el Directorio de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero y al control y fiscalización de la ARCH*"

### Capítulo III DE LA AUTORIZACIÓN

*"De los requisitos para calificación de la solicitud y autorización de operación de comercializadoras de GLP en cilindros o al granel (Instalaciones centralizadas o GLP vehicular)"*(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Liquado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)

*"De la autorización manifiesta, Art. 13.- Requisitos para la calificación de la solicitud: Formulario de registro de datos elaborado por la ARCH y los originales o copias notariadas de los siguientes documentos: "*(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Liquado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)

*a." Comercialización de GLP en cilindros:*

*1. Declaración juramentada de someterse a la jurisdicción de los juzgados y tribunales ecuatorianos para cualquier divergencia o controversia, que, de modo directo o indirecto pudieran surgir de actos realizados al amparo de la autorización concedida"*(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Liquado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)



*2.” Memoria técnica del proyecto de comercialización de GLP en cilindros, que deberá incluir el proyecto de implantación de la Planta de almacenamiento o envasado propia, conforme las disposiciones que emita la ARCH.*

*b. Comercialización de GLP al granel: Instalaciones Centralizadas o GLP vehicular:*

*1. Haber obtenido previamente la autorización como comercializadora de GLP en cilindros.*

*2. Memoria Técnica del proyecto de comercialización de GLP a través de instalaciones centralizadas o GLP vehicular, conforme las disposiciones que emita la ARCH”(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Liquado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)*

*Según el reglamento manifiesta,” Art. 31.- Obligaciones Específicas*

*Los sujetos de control deberán cumplir, además, con las siguientes obligaciones: a. Obligaciones de las Comercializadoras: “(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Liquado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)*

- 1. “Implementar la infraestructura o atender las necesidades de abastecimiento de GLP, cuando en una zona geográfica determinada no se satisfaga la demanda de los consumidores, de acuerdo con las disposiciones que para el efecto expida la ARCH*
- 2. Solicitar a la ARCH la autorización y registro de su red de distribución, medios de transporte propios y vinculados contractualmente, infraestructura con la que operará*
- 3. Solicitar la inscripción de las instalaciones centralizadas que abastecerán, en el catastro de la ARCH*
- 4. Suministrar GLP tanto en cilindros como al granel, exclusivamente a su red de distribución y a instalaciones centralizadas que estén bajo su responsabilidad, que se encuentren autorizadas y registradas o catastradas en la ARCH, según corresponda*

5. *Mantener actualizada la información de su red de distribución, infraestructura, instalaciones centralizadas y medios de transporte*
6. *Controlar que los centros de acopio y depósitos de distribución de su red, no abastezcan con GLP en cilindros de uso doméstico a los segmentos de consumo industrial y comercial*
7. *Garantizar que toda la infraestructura de comercialización, utilizada para el desarrollo de sus actividades, propia o vinculada, cumpla con normativa técnica y de seguridad*
8. *Abastecer eficiente y oportunamente GLP a las instalaciones centralizadas que se encuentran bajo su responsabilidad y garantizar que éstas cumplan con normativa técnica y de seguridad*
9. *Utilizar sistemas de medición que cuenten con certificados de calibración vigentes, emitidos por un Organismo de inspección*
10. *Facturar el GLP en base al segmento de consumo y a la medición obtenida*
11. *Mantener un historial técnico individual y cronológico de cada instalación centralizada, en el que consten las pruebas a las que ha sido sometida, las reparaciones efectuadas, mantenimiento realizado, emergencias atendidas y más información técnica correspondiente*
12. *Coordinar con los propietarios o representantes legales de las instalaciones centralizadas, la prestación de facilidades para que funcionarios de la ARCH puedan realizar la inspección técnica de la instalación*
13. *Comunicar en forma inmediata a la ARCH cuando se dé la terminación contractual con sujetos de control pertenecientes a su red de distribución o transportistas*
14. *Comunicar en forma inmediata a la ARCH la suspensión definitiva del abastecimiento a la instalación centralizada*

15. *Coordinar el transporte al granel de GLP desde la planta de abastecimiento hasta la planta de almacenamiento y envasado, y en cilindros a su red de distribución*
16. *Establecer estándares de calidad en la cadena de comercialización de GLP, y garantizar su cumplimiento*
17. *Disponer de manuales de procedimientos técnicos operativos de la cadena de comercialización y socializarlos.”(Documento\_Reglamento-Actividades-Comercialización-Gas-Liquado-Petróleo.pdf, 2016,p.1-19)*

## Capítulo III

### Desarrollo

#### Descripción de la empresa

La Distribuidora de GLP CEDEDI “El Chasqui” está ubicada al sur de la provincia de Cotopaxi en su capital Latacunga a 4.9 km del centro de la ciudad urbana, parroquia Ignacio Flores (Parque Flores) Ciudadela Mario Mogollón sector el Niagara, Calle Panamericana Sur Km 2 ½; sus límites geográficos son:

- Norte - Provincia de Pichincha - Quito
- Sur – Tungurahua - Ambato
- Este - Napo
- Oeste - Los Ríos

Se encuentra localizada en las coordenadas geográficas

Latitud -0.9686403

Longitud -78.6091953

#### Figura 4

*Croquis Geo-Referencial*



*Nota.* En la figura 5, observamos la ubicación geográfica de la distribuidora CEDEDI “El Chasqui”, esta ubicación fue tomada de (Google Map, 2023)

### **Organigrama empresarial**

La Distribuidora de GLP “EL CHASQUI”, tiene a disposición 12 trabajadores y mantiene un ordenamiento jerárquico en el que especifica la función que cada trabajador deberá ejecutar en la empresa. (Ver anexo A)

### **Tabla 3**

#### *Número de trabajadores*

ÁREA	NÚMERO DE TRABAJADORES POR ÁREA	
	CANTIDAD	GÉNERO
Administración	1	Femenino
Contabilidad	1	Femenino
Chofer	4	Masculino
Estibador	6	Masculino

*Nota.* En la tabla 3, se puede observar que la distribuidora de GLP CEDEDI “El Chasqui, cuenta con un número de 12 trabajadores, presentando las áreas y genero de cada uno.

### **Proceso de comercialización**

El proceso de comercialización de la Distribuidora de GLP CEDEDI “El Chasqui” detallado a continuación se ha realizado acorde a las actividades diarias que se realizan durante el horario de atención, dicho negocio se establece en función a la demanda estimada y a la capacidad de almacenamiento disponible.

Para ello, se ha establecido el mapa de procesos de la empresa, a medida que se puede describir el proceso operativo de comercialización. (Ver anexo B).

### **Descripción y diagrama de flujo de los procesos**

El proceso de comercialización que se maneja en la Distribuidora CEDEDI “El Chasqui”, se configura como puente entre la producción, almacenamiento y consumo de producto, ofreciendo bombonas de gas doméstico e industrial, la cual tiene una presentación de 15 kg, aproximadamente, el acercamiento físico del producto a los demandantes se produce mediante el transporte y distribución de los bienes desde los centros de producción y envasado hasta los centros de acopio para así llegar hasta el consumidor final. (Ver anexo C)

### **Desarrollo de los Objetivos**

***Identificar los factores de riesgo: de ignición, propagación y limitación de incendio mediante la NTP 599, en la distribuidora de GLP.***

El checklist de identificación de los factores de riesgo de ignición, propagación de incendio, consta de cuatro apartados los mismos que son: factores de inicio, propagación, evacuación y un posible incendio y explosión, teniendo un total de 59 ítems.

Una vez realizada la verificación de cumplimiento del checklist cualitativo de riesgos de incendio basado en la NTP 599, el día miércoles 16 de diciembre del 2022, en la distribuidora CEDEDI “El Chasqui”, se obtuvo que el 7% tiene un índice de cumplimiento siendo que existe un 93% de no cumplimiento de los ítems; una vez analizado esta lista de verificación se ha tomado en cuenta este porcentaje, lo cual se observa que en la distribuidora tenemos un déficit de condiciones adecuadas, distribución, infraestructura y almacenamiento para las bombonas de GLP, por tal motivo se sugiere la aplicación inmediata de medidas de protección activas y pasivas presentes en la misma NTP, y de esa manera se podrá prevenir y/o reducir dicho riesgo y sus consecuencias. (Ver Anexo D)

**Figura 5**

*Tabulación NTP 599*



*Nota.* En la siguiente figura se presentan los resultados del checklist realizado a la distribuidora CEDEDI "El Chasqui", en los que se encuentra un porcentaje de 93% de los literales no cumple en la misma.

***Calcular la radiación térmica y el sobrecalentamiento en los cilindros de GLP en las distribuidoras aplicando la NTP 293 -291***

Para realizar la evaluación de la radiación térmica y el sobrecalentamiento en los cilindros de GLP, se tomó en cuenta un día específico, que consta con una temperatura de 9 °C, con un almacenamiento de propano de  $4.5m^3$  y una distancia de 5 m, con ella se obtuvo un resultado de una explosión de baja magnitud por lo cual se realizó la simulación de dos escenarios con una variación de valores.

## Procedimiento del cálculo de radiación térmica y el sobre calentamiento

En primer lugar, recogemos la información necesaria como el volumen en metros cúbicos, la temperatura en grados centígrados, la distancia y la humedad relativa del químico del cual vamos a realizar el cálculo.

### Pasos

#### 1.- Calcular la Presión P

Para calcular la presión P, una vez conocida la temperatura en la que se encuentra almacenado el propano, sacamos el valor de la presión absoluta de agua saturada del libro de la termodinámica de Cengel Yunez (Tabla A-5). Si no estuviese la temperatura en dicha tabla procedemos a interpretar los valores.

### Figura 6

#### Presión del agua saturada

Agua saturada. Tabla de presiones												
Pres., P kPa	Temp. sat., $T_{sat}$ °C	Volumen específico, $m^3/kg$		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Líqu. sat., $v_f$	Vapor sat., $v_g$	Líqu. sat., $u_f$	Evap., $u_{fg}$	Vapor sat., $u_g$	Líqu. sat., $h_f$	Evap., $h_{fg}$	Vapor sat., $h_g$	Líqu. sat., $s_f$	Evap., $s_{fg}$	Vapor sat., $s_g$
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765

*Nota.* En la presente figura podemos observar la tabla de la presión del agua saturada, con a que realizamos el cálculo inicial, en ese valor si no encontramos la temperatura exacta podemos interpolar los valores correspondientes y de esa manera empezar con la resolución. Figura tomada de (Yunes A Cengel, 2012)



**DATOS**

$$P1= 1$$

$$P2= 1.5$$

$$T1=6.97$$

$$T2=9$$

$$T3= 13.02$$

$$X = \frac{(P1 - P2)}{\left(\frac{T3 - T1}{T2 - T1}\right)} + 1$$

$$X = 0.167 + 1$$

$$X = 1.17 \text{ KPa}$$

$$X = 1167.77 \text{ Pa}$$

**2.- Encontrar el calor de combustión (Hc) del Propano.**

Para encontrar el calor de combustión del propano nuevamente nos guiamos en el libro de la termodinámica de Cengel Yunez (Tabla A-27), en el cual se encontrará el poder calorífico o calor de combustión = 46

**Figura 7**

*Propiedades de hidrocarburos y combustibles*

Octano (ℓ)	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114.231	0.703	363	2.23	47,890	44,430
1-Penteno (ℓ)	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70.134	0.641	363	2.20	47,760	44,630
Propano (ℓ)	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.097	0.500	335	2.77	50,330	46,340
Tolueno (ℓ)	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.141	0.867	412	1.71	42,400	40,500

*Nota.* En la figura 8 podemos observar el valor del calor de combustión del propano que es de 46.34, esta tabla es tomada de (Yunes A Cengel, 2012)

### 3.- Densidad (d) en las condiciones planeadas

En el libro de la termodinámica de Celgen Yunez (Tabla A- 3), consultamos la densidad del propano= 581  $Kg/m^3$  con la temperatura correspondiente.

#### Figura 8

*Propiedades, figuras y diagramas*

Octano	124.8	306.3	-57.5	180.7	20	703	2.10
Oxígeno	-183	212.7	-218.8	13.7	-183	1141	1.71
Petróleo	—	230-384			20	640	2.0
Propano	-42.1	427.8	-187.7	80.0	-42.1	581	2.25
					0	529	2.53
					50	449	3.13

*Nota.* En la presente figura encontramos la densidad del propano que es de 581  $Kg/m^3$ , este valor se lo toma teniendo en cuenta la temperatura con la que vamos a realizar nuestro ejercicio. Esta imagen fue tomada de (Yunes A Cengel, 2012)

Una vez encontrado el valor de la densidad, procedemos a realizar la conversión de  $Kg/m^3$  a  $Kg/dm^3$

$$d = 581 \text{ kg}/m^3$$

$$d = 581 \frac{kg}{m^3} / 1000 dm^3$$

$$d = 0.581 dm^3$$

#### 4.- Masa del propano

Para realizar el cálculo de la masa del propano en 4.5 m<sup>3</sup>, realizaremos el despeje de fórmula, y de esa manera obtendremos la fórmula adecuada para dicho calculo.

$$d = m/V$$

$$W = d * V$$

$$W = 581 * 4.5$$

$$W = 2614.5 \text{ Kg/m}^3$$

#### 5.- Diámetro y radio de la bola de fuego

Para realizar el cálculo del diámetro de la bola de fuego utilizaremos la formula dada por la Norma Holandesa TNO.

$$D = 6.48 * W^{0.325}$$

$$D = 6.48 * 2614.5^{0.325}$$

$$D = 83.60 \text{ m}$$

Una vez calculado el diámetro de la bola de fuego, procedemos a sacar el radio de la misma, con la cual despejaremos la fórmula y obtendremos el resultado.

$$D = 2r$$

$$r = D/2$$

$$r = 83.60/2$$

$$r = 41.80 \text{ m}$$

### 6.- Altura (H) de la bola de fuego

Calculamos la altura de la bola de fuego utilizando la siguiente formula

$$H = 0.75 * D$$

$$H = 0.75 * 83.60$$

$$H = 62.7 \text{ m}$$

### 7.- Duración de la bola de fuego (t)

El proceso para realizar el cálculo de la duración de la bola de fuego (t), se aplicará la siguiente formula.

$$t = 0.852 * W^{0.26}$$

$$t = 0.852 * 26145^{0.26}$$

$$t = 6.59 \text{ s}$$

### 8.- Distancia de la bola de fuego hasta el punto que se encuentra el observador.

Para calcular la distancia que se encuentra la bola de fuego del observador tendremos que reconocer el teorema de Pitágoras el cual nos ayudara a la resolución del mismo.

Una vez recopilados los datos procedemos a realizar el cálculo utilizando la siguiente formula

$$H = \sqrt{(H)^2 + d^2}$$

$$H = \sqrt{(62.7)^2 + 5^2}$$

$$H = \sqrt{3931.29 + 25}$$

$$H = \sqrt{3956.29}$$

$$H = 62.90 \text{ m}$$

Para obtener la distancia real a la que se encuentra el observador de la bola de fuego, a la hipotenusa se le resta el radio.

$$\text{Dist. Real} = H - r$$

$$\text{Dist. Real} = 62.90 - 41.80$$

$$\text{Dist. Real} = 21.1 \text{ m}$$

## 9.- Coeficiente de transmisión atmosférica ( $P^v$ ).

### 9.1.- Presión parcial absoluta del valor de agua saturada

Para calcular el coeficiente de la transmisión atmosférica y presión parcial absoluta de vapor de agua saturada relativa del aire desde el observador a la bola de fuego, se aplicará la fórmula a la cual se realizará el despeje y de tal manera obtendremos el resultado.

$$P^v / P_v = \text{Humedad}$$

$$P^v = P_v * H$$

$$P^v = 1167.77 * 0.99$$

$$P^v = 1156.09 \text{ Pa}$$

### 9.2 Coeficiente de transmisión atmosférico (d)

Una vez sacado el valor de  $P^v$ , procedemos a calcular el coeficiente de transmisión atmosférico, utilizando la fórmula correspondiente.

$$d = 2.02(P^v * X)^{-0.09}$$

$$d = 2.02(1156.09 * 21.10)^{-0.09}$$

$$d = 0.81m$$

### 10.- Factor geométrico de visión (F)

Calculamos el factor geométrico de visión (F), mediante la utilización de la fórmula presentada a continuación

$$F = D^2 / (4(r + x)^2)$$

$$F = (83.60)^2 / (4(41.80 + 21.10)^2)$$

$$F = 0.44$$

### 11.- Intensidad media de radiación (E)

Con las fórmulas que nos emite la NTP 293, calcularemos la intensidad media de radiación (E), teniendo en cuenta que de la misma manera nos presenta el valor de una constante  $fr = 0.25$  y  $\pi = 3.14159$

$$E = \frac{fr * W * Hc}{\pi * D^2 * t}$$

$$E = \frac{0.25 * 2614.5 * 46.34}{3.14159 * (83.60)^2 * 6.59}$$

$$E = \frac{302889}{144692.9}$$

$$E = 0.21 Kw/m^2$$

### 12.- Irradiación recibida (I)

En el paso 12 del cálculo de la radiación térmica se calculará la irradiación recibida en el cual tendremos que calcular la tangente del ángulo, el ángulo y de esa manera se podrá proceder al cálculo antes mencionado.

$$I = d * F * E$$

$$I = 0.81 * 0.44 * 0.21$$

$$I = \mathbf{0.08 \text{ KW} * m^2}$$

Valor de la tg A ángulo

$$tg \text{ A angulo} = H/d$$

$$tg \text{ A angulo} = 62.70/5$$

$$\mathbf{tg \text{ A angulo} = 12.54}$$

Una vez encontrado la tg A ángulo, se calculará el arco tangente del mismo y se procedemos a transformar a grados para poder encontrar el ángulo superior.

$$Angulo_1 = ATAN(tgAangulo)$$

$$Angulo_1 = ATAN(12.54)$$

$$\mathbf{Angulo_1 = 1.49 \text{ radianes}}$$

$$Angulo = Angulo_1 * \frac{\text{grados}}{\text{pi radianes}}$$

$$Angulo = 1.49 * 180/3.1415$$

$$\mathbf{Angulo = 85.44 \text{ grados}}$$

Una vez encontrado el ángulo y transformado a grados se calculará el ángulo superior.

$$Ang \text{ Su} = 90 - Angulo$$

$$Ang \text{ Su} = 90 - 85.44$$

$$\mathbf{Ang \text{ Su} = 4.56}$$

### 13.- Irradiación real (I real)

Para calcular la irradiación real se utilizara la formula presentada en la NTP 293 y el resultado pertinente se lo transformara a ( $W/m^2$ ).

$$I_{real} = I * \cos \text{Angulo}$$

$$I_{real} = 0.08 * \cos(85.44)$$

$$I_{real} = 0.00598 \text{ KW}/m^2$$

$$I_{real} = 0.00598 * 1000 \text{ W}/m^2$$

$$I_{real} = 5.98 \text{ W}/m^2$$

### 14.- Dosis

Para calcular la dosis se utilizara el valor de la Irradiación Real con las unidades  $W/m^2$

$$Dosis = t * (I_{real})^4$$

$$Dosis = 6.59 * (0.00598)^4$$

$$Dosis = 71.52 \text{ W}/m^2$$

Mediante la aplicación de la NTP 293 - 291, se calculó la radiación térmica y el sobrecalentamiento de las bombonas de GLP(Gas Licuado de Petróleo), permitiéndonos analizar el diámetro, altura, duración y distancia de la bola de fuego, de igual manera se calculó la irradiación recibida, irradiación real y la dosis con la que se realizó la valoración del método Probit, esto nos indica las quemaduras de primero y segundo grado, quemaduras mortales con y sin protección; una vez realizado el estudio se llegó a concluir que si existe mayor distancia, temperatura y humedad en la



distribuidora la explosión sería de mayor magnitud, ya que la radiación térmica tiene una afectación de hasta el 1 kw/m<sup>2</sup>, por lo que se verificó que se presenta hasta los 700 m. (Ver Anexo E)

**Tabla 4**

*Variación de temperatura y humedad*

Nº	NTP 293	
	TEMPERATURA	HUMEDAD %
1	17,0	52,0
2	17,3	78,3
4	18,0	74,5
<b>Promedio</b>	<b>17,4</b>	<b>68,3</b>

*Nota.* En la tabla 4, se puede observar la variación de irradiación térmica según la temperatura y humedad existente y a la vez el promedio de cada una de ellas.

#### **Calculo del Método Probit en la distribuidora CEDEDI El Chasqui**

Al realizar el método Probit se verificó, que con una distancia de 5 m, temperatura de 9 °C, humedad relativa de 99% y una concentración de propano de 4.5m<sup>3</sup>, se obtiene una explosión baja, lo cual no causa mayor cantidad de daño, es por el motivo que nos permitimos realizar simulaciones con una concentración del 50 y 100% de propano en la misma lo cual se presentará en la tabla 5.

#### **Quemaduras primer grado**

Para realizar el cálculo de las quemaduras de primer grado se utilizará la dosis obtenido en el paso anterior, haciendo uso de la irradiación real calculado en el paso 13 teniendo en cuenta que las unidades con las que se trabaja será W/m<sup>2</sup>. Para encontrar el porcentaje de las personas que sufren las quemaduras nos basamos en la figura presente en la NTP 291.

$$Pr = -39.83 + 3.0186 * \ln(t * (I \text{ real})^{\frac{4}{3}})$$

$$Pr = -39.83 + 3.0186 * \ln(133.84)$$

$$Pr = -25.05$$

Una vez realizado el cálculo del Método Probit, se puede observar en la tabla 5 el análisis de 3 escenarios de 25%, 50% y 100% de abastecimiento de GLP en la distribuidora; se realizó con la temperatura y humedad relativa promedio, variando la capacidad de almacenamiento y a una distancia de 100 m, de esa manera se observa el porcentaje de quemaduras en cada uno de los escenarios; con la ayuda de la figura 10 podremos determinar porcentaje de la población afectada por dicha explosión.

**Tabla 5**

*Método Probit*

ANÁLISIS DE MÉTODO PROBIT								
Fechas	Volumen	Distancia	Humedad Relativa	Temperatura	Quemadura 1° grado	Quemadura 2° grado	Quemadura mortales con protección	Quemadura mortales sin protección
19/12/2022	4,5 m <sup>3</sup>	5 m	99 %	9	0,79	0,00	0,00	0,00
22/12/2022	100 m <sup>3</sup>	100 m	68,3 %	17,4	12,03	8,72	6,75	7,60
04/01/2023	180 m <sup>3</sup>	100 m	68,3 %	17,4	12,41	9,10	7,07	7.92

*Nota.* En la tabla 5, se presenta el análisis del método Probit con tres escenarios de porcentaje de almacenamiento, en el que se lo realizó el cálculo con una temperatura ambiental y humedad relativa promedio.

**Figura 9**

*Equivalencia de valores Probit y porcentaje de población afectada*

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%		
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,95	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

*Nota.* En la figura 10 se observa la equivalencia entre valores Probit y el porcentaje de la población afectada la misma que se proporciona mediante los resultados de cada una de los apartados. Esta figura fue tomada de (Emilio Turmo Sierra, 1996)

### ***Simulación del alcance de explosión mediante el software Aloha, en la distribuidora CEDEDI El***

#### ***Chasqui.***

Con la ayuda del simulador Aloha valoramos la distancia de riesgo frente a una explosión en la distribuidora, con este software estimaremos tres escenarios que son: el 25, 50 y 100% de abastecimiento de GLP y de esa manera conoceremos la explosión en casos leves, así como en extremos.

#### **Escenario 1: Al 25% de abastecimiento**

En el mapa se puede observar tres circunferencias la primera de color rojo tiene un diámetro de 224.9 metros, nos indica que todas las personas que se encuentren dentro de esta área sufrirán daños

letales, esto quiere decir que existen la probabilidad muy alta de que mueran, seguido de esto se encuentra la segunda circunferencia de color naranja, tiene un diámetro de 317.3 metros que nos indica que las personas ubicadas dentro de esta área pueden sufrir quemaduras de segundo grado, mientras que la última circunferencia de color amarillo tiene un diámetro de 495.6 metros, es área de riesgo bajo por lo que existirán lesiones menores. (Ver anexo F).

**Figura 10**

*Escenario 1 Aloha*



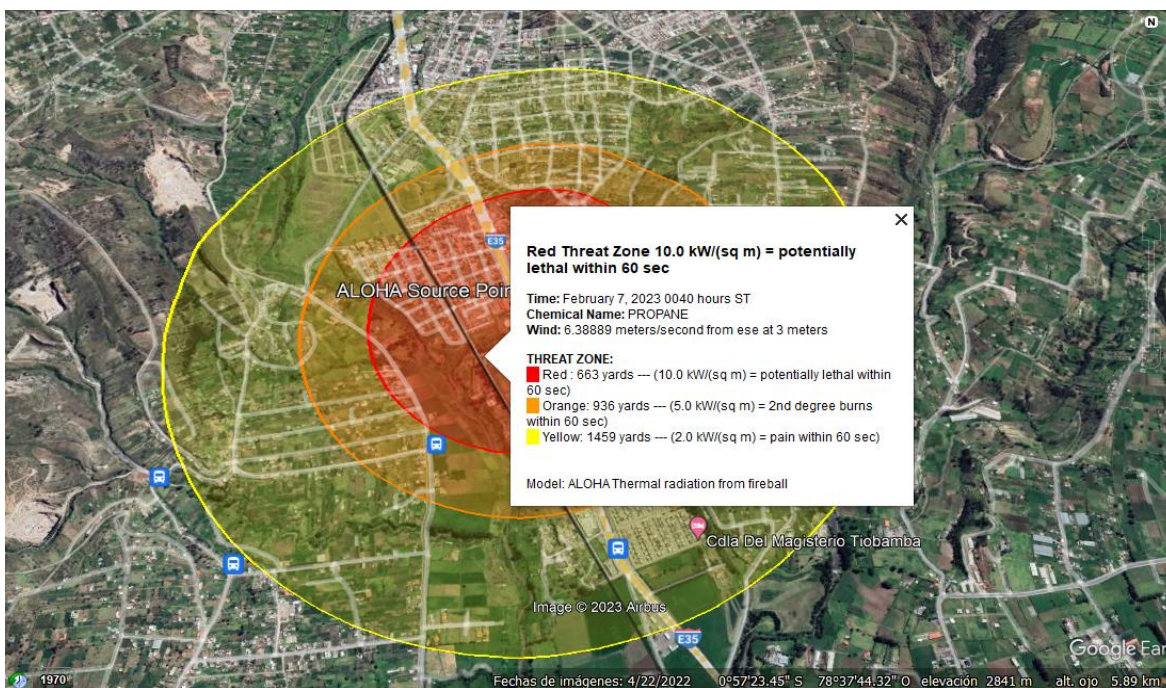
*Nota.* En la figura 7 se presenta el nivel de explosión presente en la distribuidora con un abastecimiento de un 25%. Esta figura fue realizada con el apoyo del Software Aloha.

## Escenario 2: Al 50% de abastecimiento

Presentamos nuestro segundo plano de explosión, en caso que suceda una explosión en la distribuidora cuando disponga de un abastecimiento de un 50% de GLP, en el color rojo tenemos 606.2 m, lo cual nos permite conocer que en esta distancia tendremos quemaduras y daños extremos en dicha área, en el área naranja se obtendrá 855.9 m, lo cual nos indica que en esta área el daño es menor y se presentaran quemaduras de segundo grado, mientras que el color amarillo presentamos 1334.1 m, se presentan lesiones menores con una irradiación de calor baja.

### Figura 11

#### Escenario 2 Aloha



*Nota.* En la figura 8 se presenta el nivel de explosión presente en la distribuidora con un abastecimiento de un 50%. Esta figura fue realizada con el apoyo del Software Aloha.

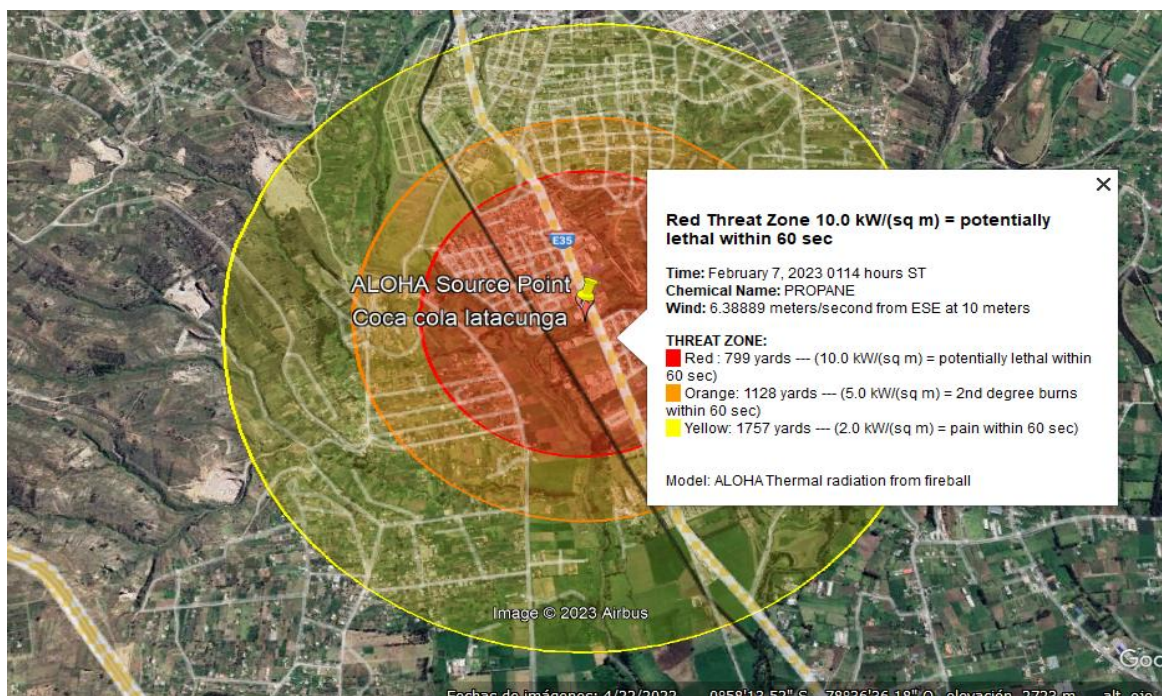


### Escenario 3: Al 100% de abastecimiento

Presentamos nuestro tercer plano, en caso que suceda una explosión en la distribuidora CEDEDI El Chasqui, cuando disponga de un aforo del 100% de GLP, en el color rojo tenemos 730.6 m, en el que conocemos que se presentara daños, en el área naranja se obtendrá 1031.4 m, lo cual nos indica que en esta área se presentarán quemaduras de segundo grado, mientras que el color amarillo presentamos 1606.6 m, se presentan lesiones menores con una onda de calor baja.

**Figura 12**

*Escenario 3 Aloha*



*Nota.* En la figura 9 se presenta el nivel de explosión presente en la distribuidora con un abastecimiento de un 100%. Esta figura fue realizada con el apoyo del Software Aloha.

***Aplicación del Índice Dow para la evaluación de riesgos de explosión en la Distribuidora CEDEDI El Chasqui.***

Este método fue realizado con la finalidad de evaluar el riesgo potencial de fuego, explosión y reactividad química en la distribuidora CEDEDI “El Chasqui”; para la realización de la misma en primera instancia seleccionamos la unidad de proceso, en este caso el Propano, seguidamente calcularemos el material factor y el índice de riesgo de la unidad de proceso el mismo que abarca como resultado entre peligros generales y peligros especiales de proceso, con la obtención de estos valores determinaremos el área de explosión= 6921.8 m<sup>2</sup>, consecutivamente se realiza el cálculo del factor de daño probable con el que se obtuvo el “*Fire & Explosion Index*” = 180.6, el mismo que nos da una idea relativa del nivel de peligro grave, como segunda instancia calcularemos el factor de bonificación, control de procesos, aislamiento de material y factor de bonificación efectiva; mediante estos valores encontrados se podrá conocer el daño real máximo probable a la propiedad, así como el costo total de pérdida de producción que es de \$ 1.934.022, tomando en cuenta que es una suposición ya que en caso de existir una explosión se tendrá que tomar en cuenta el valor de pérdida de fábricas y viviendas aledañas. El desarrollo de la metodología del Índice Dow se encuentra en el anexo. (Ver Anexo G)

***Elaborar una matriz de verificación de cumplimiento de requisitos técnico y legal para prevenir el riesgo de incendio y explosión en las distribuidoras de GLP.***

Una vez realizada la evaluación de cumplimiento de requisitos técnico legales en la Distribuidora de GLP CEDEDI “EL CHASQUI”; ante la ubicación de la misma se realizó la investigación de ordenanzas para el funcionamiento dentro del casco urbano, obteniendo como resultado la inexistencia dentro del GAD MUNICIPAL del cantón; este tipo de industrias son consideradas de riesgo bajo sin antes haber realizado una respectiva evaluación de incendios o explosiones por lo que mantienen un

funcionamiento sin restricciones, estas se rigen al cumplimiento de requisitos del ente regulador la ARCH.

En la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1534, en el punto 6.2 detalla los requisitos de construcción de centros de acopio de GLP, los cuales manifiestan que estas deben ser construidas a una distancia mínima de 3 metros de viviendas y de 6 a 9 metros de estaciones automotrices y de combustibles.

Con la finalidad de realizar un análisis comparativo de ordenanzas entre los GAD Municipales de diferentes ciudades de nuestro país y una ordenanza extranjera en este caso de España; señalaremos los siguientes planes de ordenamiento territorial:

1. GAD Municipal de Ambato
2. Comunidad Autónoma de Madrid - España

***Plan de Ordenamiento Territorial Ambato 2020: manifiesta en el Art 315, a los Depósitos de***

*distribución de GLP (Gas Licuado de Petróleo), se considerará como centro de distribución aquellos que admitan el abastecimiento menor a 500 cilindros de GLP de 15 kilos. Cumplir con las disposiciones del Plan Territorial y las emitidas por la Dirección Nacional de Hidrocarburos” (Dr. FERNANDO, 2020)*

*“Locales construidos con material incombustible y ventilación amplia y natural. Con estructura de un piso; material de paredes y techo tipo ligero y no inflamable en caso de ser con material pesado deberán tener aberturas amplias para el escape de ondas en el caso de una explosión” (Dr. FERNANDO, 2020)*

*“Las instalaciones eléctricas e iluminación deben ser a prueba de explosión; interruptores y tomas corrientes deben ser colocados una altura de 1,50 m sobre el nivel del piso en áreas estrictamente*



*necesarias. El piso del área de almacenamiento debe ser a nivel del suelo especialmente en la zona de carga y descarga de cilindros, esta debe ser compacta para mantenerlos en posición vertical”(Dr. FERNANDO, 2020)*

*“El área de almacenamiento estará situada al aire libre, por cada m<sup>3</sup> de volumen encerrado este disponga de 0.072 m<sup>2</sup> de ventilación, tendrán aberturas únicamente en área de carga y descarga, con una ubicación adecuada una de la otra (se puede usar malla metálica)”(Dr. FERNANDO, 2020)*

*“Debe existir un extintor de 15 kg de capacidad de polvo químico por cada 2000 kg de GLP almacenados. Si dicha construcción está ubicada con varios linderos esta debe estar separa con paredes corta fuegos de una altura no menor a 2,20 m, el área de mínima de un centro de acopio y distribución será de 2000 m<sup>2</sup>” (Dr. FERNANDO, 2020,p.283-285)-*

A continuación, se detalla requisitos para construcción y funcionamiento de centros de acopio y/o distribuidoras de GLP en **Madrid-España**

*“Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG, 01 a 11. Su última modificación se realizó el 28 de abril 2021”(Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)*

Según Real Decreto 919/2006 manifiesta que, *“la Constitución Española, así como el Acta de Adhesión a la Comunidad Económica Europea (hoy Unión Europea) establecieron los marcos legales básicos y el posterior desarrollo normativo en España. Así, la Ley 21/1992, de 16 de julio, de la Industria manifiesta que se estableció el nuevo marco jurídico en el que se desenvuelve la reglamentación sobre seguridad industrial”(Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)*

Según el apartado 5 de su artículo 12 manifiesta que *“los reglamentos de seguridad industrial de ámbito estatal se aprobarán por el Gobierno de la Nación, sin perjuicio de que las Comunidades Autónomas, con competencia legislativa sobre industria, puedan introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio”*. (BOE A Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, s. f.)

ITC-ICG 02 realiza una clasificación por categorías para el funcionamiento y ejecución de centros de almacenamiento y distribución de envases de gas licuado del petróleo (GLP).

**Tabla 6**

*Clasificación de los centros de GLP*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CAPACIDAD NOMINAL DE CONTENIDO TOTAL</b>
1ª	25.001 kg hasta 250.000 Kg
2ª	12.501 kg hasta 25.000 Kg
3ª	1.001 kg hasta 12.500 kg
4ª	501 kg hasta 1.000 kg
5ª	501 kg hasta 1.000 kg

*Nota.* En la tabla 6, se puede observar los valores de capacidad nominal del contenido de cilindros de GLP con el cual se identifica la categoría a la que pertenece cada centro de distribución de GLP.

Establecido en (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)

Las normas detalladas a continuación son de cumplimiento obligatorio en las categorías desde la 1ª hasta la 4ª.

*“El diseño y construcción es de responsabilidad neta del titular de la misma, se debe mantener una separación en la zona de almacenamiento de envases llenos y vacíos y estas se deben mantener alejadas de otras edificaciones y mantener una correcta señalización.”* (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)

*“La construcción contará con el cerramiento propio de la edificación, de una sola planta sin subterráneos “(Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)*

*“Mantendrá fácil acceso a salidas de emergencia hacia una vía de evacuación que no supere un distanciamiento de 25 metros hacia el exterior, cubierta tipo ligero, material clase A2 según UNE-EN 13501-1 (no inflamables, cemento, concreto, minerales, vidrio, fibra de vidrio, lana de roca, cerámica, etc.) apoyada con estructuras estables al fuego R 180 (R= Capacidad portante, 180= número que indica el tiempo, en minutos en que se cumple lo indicado por estos parámetros)”(Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)*

*“Se colocará en un lugar visible un letrero con la simbología “Gas inflamable. Prohibido fumar y encender fuego” Se prohíbe el trasvase de un envase a otro.*

*Los centros de almacenamiento de categoría 1ª, 2ª, 3ª únicamente podrán ser ubicados en zonas no residenciales, manteniendo distancias exteriores e interiores como se detalla a continuación”(Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)*

*“Distancia de seguridad interior: Es la que limita las zonas de almacenamiento de envases llenos con otras edificaciones destinadas a otros; distancia de seguridad exterior: es la que limita la zonas de almacenamiento de envases llenos con las propiedades o linderos no pertenecientes al centro, (carreteras, viviendas, otras empresas)” (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)*

**Tabla 7**

*Distancia de Seguridad en metros*

CATEGORÍA	DISTANCIA DE SEGURIDAD EN METROS	
	DISTANCIA EN INTERIOR	DISTANCIA EN EXTERIOR
1ª	6	20
2ª	6	15
3ª	2	20

*Nota.* En la tabla 7 se detalla las medidas de distancia internas y externas de seguridad que deben mantener los centros de distribución entre zonas y predios; esta información se obtuvo de (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)

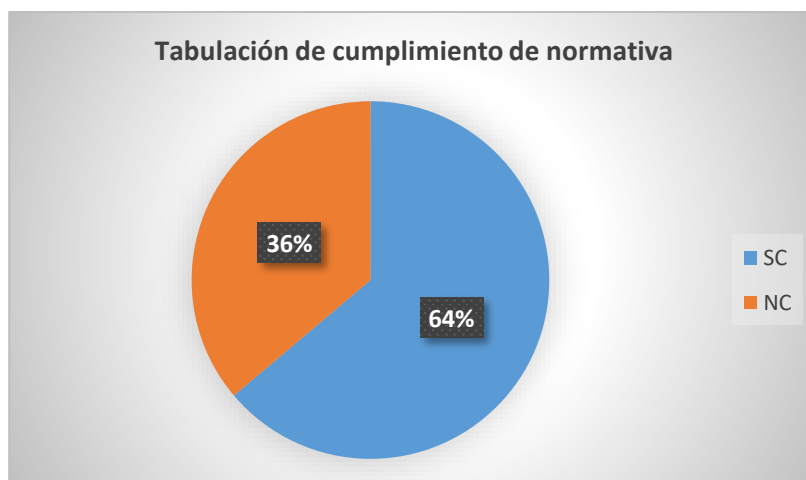
*“Ante las medidas ya expuestas se deberá aumentar 10 m cuando se refiera a los siguientes linderos: Iglesias, escuelas, salas de espectáculos públicos, hospitales, edificios de interés artístico, como galerías, museos o similares, hoteles, cuarteles, mercados y, en general, edificios destinados a utilización colectiva, líneas ferroviarias, de tranvías u otras líneas de tendido eléctrico para medios de transporte o líneas eléctricas aéreas de alta tensión”*(Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021)

*“El cerramiento debe ser construido con materiales de clase A2 con estructuras estables al fuego R 180 (R= Capacidad portante, 180= número que indica el tiempo, en minutos en que se cumple lo indicado por estos parámetros) con una altura mínima de 2,5 m; los lados restantes del cerramiento podrán ser de malla metálica, de una altura mínima de 2 m, sujeta por soportes sólidamente fijados en el terreno,”*(Ministerio de Industria, Turismo y Comercio & «BOE», 2021).

Para la ejecución del objetivo se desarrolló la matriz de cumplimiento de requisitos técnico-legal, la cual consta de 7 apartados con un total de 47 ítems; esta fue aplicada el día miércoles 18 de enero del 2023, en la Distribuidora CEDEDI “EL CHASQUI”, obteniendo un resultado de 36% de no cumplimiento y 64% de si cumplimiento; demostrándonos que presentamos una mejora del 57% una vez aplicado el estudio. (Ver Anexo H)

**Figura 13**

*Tabulación cumplimiento*



*Nota.* En la siguiente figura se presentan los resultados de la matriz de verificación de cumplimiento de normativa realizada a la distribuidora CEDEDI “El Chasqui”, obteniendo como resultado que cumple con la normativa un 64%.

### ***Plan de emergencia***

En la Distribuidora de GLP CEDEDI “EL CHASQUI”, no se han suscitado accidentes mayores dentro de la Planta; con la finalidad de mantener las debidas medidas de prevención ante un evento adverso se desarrolló un plan de emergencia el cual consta de nueve capítulos, basado en el formato y normativa NFPA 1600:2016, vigente por el Benemérito cuerpo de Bomberos de Latacunga, por lo que sugerimos a los encargados del área de seguridad y salud en el trabajo, se socialice dicho plan con la población de alrededores y trabajadores, así como la realización de simulacros con los mismos, con la finalidad de que estos se encuentran capacitados y puedan aplicarlo en el caso de una emergencia. (Ver anexo I)

En el presente plan de emergencia se encuentra detallado lo siguiente:

- Normativa legal
- Manejo y comité del programa
- Responsables de implementación
- Objetivos, metas
- Método de evaluación
- Simulacros
- Cronograma de capacitaciones al personal
- Elaboración de mapas de riesgos y evacuación

### ***Análisis Costo Beneficio***

El presente estudio de análisis de costo y beneficio de la distribuidora CEDEDI “EL CHASQUI” se realizó con la finalidad de ejecutar trabajos de mejora y mantenimiento en infraestructura, instalaciones eléctricas, bombonas, capacitaciones al personal y población, etc. Dicho costo y beneficio fue relacionado con la normativa vigente ante el alto riesgo de incendio o explosión que se puede suscitar, puesto que la empresa debería cubrir indemnizaciones a las personas o bienes afectados, obteniendo como resultado el costo de inversión de mantenimiento \$10.345,55 de indemnización un promedio de 2.021.621,85 ante un beneficio de ahorro de \$2.011.276,30 que sería el promedio de afectación por daño parcial o total de la empresa y/o trabajadores (Ver Anexo J).

La cotización del costo del mantenimiento de la infraestructura presente en la tabla 6, se realizó con la ayuda de un maestro con conocimientos en construcción detallando lo siguiente: material para el piso de la plataforma estática: Cemento, ripio y arena, Sikatop (Acelerante). mano de obra dando un costo de 1500; instalaciones eléctricas: Cambio de cableado para focos, manguera de luz, cambio de

lugar del medidor de luz y mano de obra dando un costo de \$250,00, mantenimiento de bombonas cada una a un costo de a \$20,00 c/u, dando un total de \$400,00, recarga de extintores de con un costo total de \$2.295,55, adquisición de hojas de zinc para cambiar algunas partes del techo un valor de \$10,00 c/u, dando un total de 300.00, compra de bombonas para sustituir las dadas de baja un valor de \$35,00 c/u dando un total de \$3500,00, montaje de estructura metálica \$500, implementación de señalización \$200, capacitaciones al personal \$900, simulacros con personal interno y externo a la distribuidora \$500; una vez realizado el cálculo del costo por actividad nos resalta un total de \$10.345,55.

**Tabla 8**

*Análisis de Costo*

<b>MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA</b>		
<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Piso de hormigón de la plataforma	1	1500,00
Instalaciones eléctricas	1	250,00
Mantenimiento de bombonas	20	400,00
Recarga de extintores 10 lb	7	161,00
Recarga de extintores 20 lb	10	330,00
Recarga de extintores de 150 lb	5	1804,55
Cambio de hojas de zinc	30	300,00
Adquisición de bombonas nuevas	100	3500,00
Estructura metálica	1	500,00
Señalización	1	200,00
Capacitaciones	2	900,00
Simulacro	2	500,00
<b>TOTAL COSTO</b>		<b>10.345,55</b>

*Nota.* En la tabla 8 se puede observar el valor de costos del mantenimiento de las instalaciones de la distribuidora de GLP CEDEDI “El Chasqui”.

**Capacitaciones Distribuidora CEDEDI “El Chasqui”**

Se realizó el levantamiento informativo del estado de infraestructura de la plataforma estática de almacenamiento de bombonas de GLP, como también de las instalaciones eléctricas, al arrojar un

alto índice de deterioro y riesgo, se sugiere la realización de mantenimiento del área mencionado; por lo que se efectúa un cronograma de mejora aplicando el diagrama de GANTT, en el cual se detalla las actividades y días necesarios para el desarrollo de la misma, realizado entre los meses de abril a septiembre; se han planificado fechas distantes con la finalidad de no afectar el presupuesto económico de la distribuidora. En un aproximado de 5 meses se obtendrá los resultados esperados que es un mejoramiento de infraestructura y la correcta capacitación al personal interno y externo a la distribuidora. (Ver Anexo K)

**Tabla 9**

*Cronograma de actividades de mejora*

<b>PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Días</b>
Levantamiento de información	1
Elaboración del piso de la plataforma estática	30
Elaboración del techo	15
Cambio de instalaciones eléctricas	19
Medidas correctivas en señalización	15
Capacitaciones	9

*Nota.* En la tabla 7 se detalla las actividades y días necesarios para el desarrollo de mejoras en infraestructura, las mismas que se realizaran entre los meses de abril a septiembre.



## Capítulo IV

### Conclusiones Y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Se identificó los factores riesgo de ignición, propagación y limitación de incendio en la distribuidora de GLP, basado en la NTP 599, con la que se obtuvo que el 7% tiene un índice de cumplimiento y un 93% de no cumplimiento.
- Se calculó la radiación térmica y el sobrecalentamiento en los cilindros de GLP de la distribuidora CEDEDI “El Chasqui”; en el escenario 1 con una distancia de 5 m, un almacenamiento de  $4.5\text{ m}^3$  de propano y una irradiación recibida de  $43.61\text{ Kw}/\text{m}^2$ , se generó un resultado de una explosión de baja magnitud por lo que no existen personas con quemaduras.
- Se analizó un segundo escenario con una distancia de 100 m, un almacenamiento de  $100\text{ m}^3$  de propano y una irradiación recibida de  $104.04\text{ Kw}/\text{m}^2$ , generando en los trabajadores un 99.9% de quemaduras de primer y segundo grado, quemaduras mortales sin protección con un 99.5% y quemaduras mortales con protección con un 96%.
- Se efectuó el cálculo en un tercer escenario, con una distancia de 100 m, un almacenamiento de  $180\text{ m}^3$  de propano y una irradiación de  $118.33\text{ Kw}/\text{m}^2$ , causando un 99.9 % de quemaduras en los trabajadores.
- Se elaboró una matriz de verificación de cumplimientos de requisitos técnico – legal basándonos en la ARCH, la cual consta de 7 apartados con un total de 47 ítems, obteniendo un resultado de 36% de no cumplimiento y 64% de si cumplimiento; demostrándonos que presentamos una mejora del 58% una vez aplicado el estudio.

## Recomendaciones

- Una vez identificados los factores de riesgo de ignición, propagación y limitación de incendio, se recomiendan a la distribuidora CEDEDI “El Chasqui”, de cumplimiento a los requisitos propuestos por la NTP 599, para minimizar los riesgos.
- De acuerdo al análisis de los tres escenarios desarrollados en el trabajo de integración curricular, proponemos que la distribuidora no exceda el nivel de almacenamiento de  $7m^3$  equivalente a 271 cilindros de GLP, para evitar generar una explosión de mayor magnitud y reducir las afectaciones materiales y humanas.
- Se sugiere al Representante Legal y Técnico de Seguridad de la distribuidora, analizar la aplicación de normativa legal internacional misma que ayudara a la mejora del funcionamiento de la distribuidora.

## Bibliografía

- Adolfo, N. (2010). *Los accidentes de trabajo*. Red Proteger.
- ASEPEYO. (2014). Aspectos del fuego y los incendios. *Seguridad Minera n° 102*.
- Asepeyo. (2014). Aspectos del fuego y los incendios, Seguridad Minera n° 102. *Seguridad minera n° 102*.
- Asociación Nacional de Protección contra Incendio. (2004). *NFPA 58: Código del Gas licuado del petróleo*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
- Asociación Nacional de Protección contra Incendios. (2018). *NFPA 2112: Norma americana de resistencia a la llama de prendas para protección personal contra fuego*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
- Diego Fernando Venegas Vásquez, C. A. (2018). El riesgo en el almacenamiento de GLP en el Ecuador. *Dialnet*, 19-29.
- EISENBERG, N.A. (1989). *Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación*. Nueva York.
- Emergencia, S. d. (2014). *Explosiones de cilindros de GLP continúan restando vidas ecuatorianas*. Loja: Sistemas de Gestión de Riesgos y Emergencia.
- Emilio Turmo Sierra. (1991). *NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases*.
- Emilio Turmo Sierra. (1996). NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit. *INSST*, 1-8.
- España, G. d. (1974). *Normas Básicas de Instalaciones de gas en Edificios*. España.
- Gasselin, P. (. (2001). *La explosión de la floricultura de exportación en la región de Quito: una nueva dinámica agraria periurbana*.
- Google Map. (18 de 01 de 2023). *google map*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/cededi+latacunga/@-0.9692354,->

78.6094992,98m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d46319523ac285:0x9f54c1cec0ff835a!8m2!3d-0.9697869!4d-78.6094616?hl=es-419

Guiomar Duarte Viejo .Tomás Piqué Ardanuy. (2001). *NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios.*

IESS. (2004). Decisión 584: Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social Seguro General De Riesgos Del Trabajo*, 11.

INEN. (2009). NTE INEN 731: Extintores portátiles y estacionarios contra incendios. Definiciones y Clasificación. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 9.

INEN. (2015). NTE INEN 2260: Instalaciones de Gases Combustibles para uso Residencial. 8.

INSH. (1987). *NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación.* España : Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales .

INSHT. (1988). *NTP 209: Botellas de G.L.P.: instalación.* España : Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

INSST. (1999). Real decreto 1836: Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. *Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.*

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2015). *Real decreto 1836.*

ISSN:2346 ;International Standard Serial Number. (2022). Guia de Gas. págs. 5-25.

Jiménez, F. (2008). La Seguridad en la distribución y manipulación del GLP. *Google Academico* , 1-6.

José Luis Moliné Marco, Dolores Solé Gómez. (1999). NTP 524: Primeros auxilios: quemaduras. *Insst*, 1-6.

José Manuel Sánchez, Antonio Enríquez. (2018). *ISO 45001: Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo*. Fremap.

Juan Carlos R. (2003). *Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas*. Madrid.

La Republica EC. (2 de 10 de 2022). 22 heridos tras una fuerte explosión de gas en Colombia. *La Republica*.

Mangosio, A. C. (2011). *Seguridad e higiene en el trabajo*. Argentina : Alfaomega .

Manuel Bestratén Belloví, E. T. (1992). NTP 293:Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación,. 1.

Martín, J. S. (2008). *Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas*. España: Ediciones Díaz de Santos.

Medline Plus,Elika Hoss, MD, Assistant Professor. (2022). *Biblioteca Nacional de Medicina*.

Metro World News. (25 de 05 de 2022). Explotaron varios cilindros de gas en Las Casas, norte de Quito. *El Metro* .

Michael Moran, Howard Shapiro. (2005). Fundamentos de termodinamica técnica. En M. J. Moran, *Fundamentos de termodinamica técnica* (pág. 18). Barcelona: Reverte S.A.

Navas, E. (2018). *Prevencion de Riesgos Laborales*. Editorial ICB.

Neira, J. A. (2006). *Instalaciones de Proteccion contra Incendios*. Madrid: Fundacion Confemetal.

NFPA. (2004). Código del Gas Licuado de Petróleo. *NFPA*.

NFPA 58,NFPA 59. (2004). *Código de Gas Licuado del Petróleo*,.

Norma Técnica Colombiana. (1996). *Equipos, accesorios, manejo y transporte de GLP*. Colombia: Icontec.

- Norma Técnica Colombiana. (1996). *Equipos, accesorios, manejo y transporte de GLP*. Colombia: Icontec.
- NTE INEN 111. (1998). Cilindros de acero soldados para gas licuado. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 21.
- OMS. (2018). *Organización mundial de la salud*.
- Organización Internacional del Trabajo . (1991). *Prevención de Accidentes Industriales Mayores*. Ginebra: Copyright.
- Rednova. (2002). Importancia del GLP.
- Reuters, T. (12 de 05 de 2022). Falta de mantenimiento y viejos cilindros de gas alimentan mortales explosiones en Venezuela. *Euronews*.
- Sistemas de Ventilación SLU. (2018). Humedad relativa, específica y absoluta [incluye Carta Psicométrica]. *Sistemas de Ventilación SLU*.
- Snelling, W. (2019). Historia del GLP. *iRCONGAS*.
- Snelling, W. (2019). *iRCONGAS. Historia del GLP*.
- Trujillo Mejia, R. F. (2012). *Hidrocarburos manejo seguro*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- UCM . (2014). Explosiones. *Escuela Profesional de Medicina del Trabajo*, 2-30.
- UCM, E. P. (2014). *Explosiones*. España.
- Varela & Vittoni . (1993). Prevención De Accidentes Industriales Mayores. *Prevención De Accidentes Industriales Mayores*.
- Varela & Vittoni. (1993). *Prevención De Accidentes Industriales Mayores*.
- Yunes A Cengel, M. A. (2012). *Termodinámica* . México: Educación.

# ANEXOS