

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR



FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y

GESTIÓN DEL RIESGO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL
RIESGO**

TEMA:

**RIESGO POR BLEVE EN LAS CIUDADELAS CIRCUNDANTES A LAS
ESTACIONES DE SERVICIO DEL SINDICATO DE CHOFERES DE BOLÍVAR
CON UN ENFOQUE EN LA GESTIÓN DE RIESGO Y LA PREVENCIÓN DE
DESASTRES EN EL PERIODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023**

AUTORES:

CHIMBORAZO QUILLIGANA BRYAN FABRICIO

LINARES IBARRA ANDERSON FABRICIO

TUTOR:

ING. PAUL SANCHEZ

GUARANDA – ECUADOR

2023

TEMA:

Riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar con un enfoque en la gestión de riesgo y la prevención de desastres

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Escenarios de gestión de riesgos y desastres

**CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO
INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.**

Guaranda, 18 de octubre del 2023

El suscrito Ingeniero Paul Oswaldo Sánchez Franco, director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

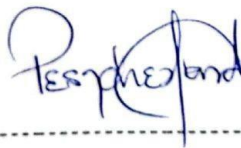
El suscrito Ingeniero Paul Sánchez en calidad de TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, docente de la Universidad Estatal De Bolívar

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “RIESGO POR BLEVE EN LAS CIUDADELAS CIRCUNDANTES A LAS ESTACIONES DE SERVICIO DEL SINDICATO DE CHOFERES DE BOLÍVAR CON UN ENFOQUE EN LA GESTIÓN DE RIESGOS Y LA PREVENCIÓN DE DESASTRES”; realizado por

Los señores: **Bryan Fabricio Chimborazo Quilligana y Anderson Fabricio Linares Ibarra** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Paul Sánchez F.
Reducción de Riesgos
Reg. 100620161718501

**ING. PAUL OSWALDO
SANCHEZ FRANCO**

TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Lo suscrito Ingeniero Paul Sánchez Franco, en calidad **DE TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA:

Que los Sr. **LINARES IBARRA ANDERSON FABRICIO**, portadora de la cédula de ciudadanía N.º **025026241-7**, y **CHIMBORAZO QUILLIGANA BRYAN FABRICIO**, portadora de la cédula de ciudadanía N.º **025015245-1** estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, culminados en la **Carrera de Administración para Desastres y Gestión de Riesgos**, modalidad presencial, una vez revisado el documento **“RIESGO POR BLEVE EN LAS CIUADDELAS CIRCUNDANTES A LAS ESTACIONES DE SERVICIO DEL SINDICATO DE CHOFERES DE BOLIVAR CON UN ENFOQUE EN LA GESTIÓN DE RIESGOS Y LA PREVENCIÓN DE DESASTRES. PERIODO MAYO – SEPTIEMBRE 2023”**, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda, 20 de noviembre del 2023

Atentamente;



Ing. Paul Sánchez Franco

TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Chimborazo Quilligana Bryan Fabricio y Linares Ibarra Anderson Fabricio portadores de la Cédula de Identidad No 0250152451 y 0250262417 en calidad de autores y titular es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:

Riesgo por bleve en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar con un enfoque en la gestión de riesgo y la prevención de desastres.

Modalidad presencial, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los Autores de la declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Bryan Fabricio Chimborazo Quilligana

Anderson Fabricio Linares Ibarra

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres Xavier y Silvana quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mi el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios esta conmigo siempre.

A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mi una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Anderson Fabricio Linares Ibarra

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Estatal de Bolívar por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi director de tesis, Ing. Paul Sánchez Franco por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Anderson Fabricio Linares Ibarra

DEDICATORIA

A mi abuelita y mi a madre que desde el cielo me iluminan para continuar adelante en mi formación profesional y que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos complicados.

Bryan Fabricio Chimborazo Quilligana

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios quien me ha guiado y me ha dado fuerzas para seguir adelante.

A mi Tía Jacqueline y mi Abuelito Víctor que como padres han sabido cuidarme, por su comprensión, además por su apoyo constante a lo largo de mis estudios.

Y a toda mi familia que de una y otra manera me apoyaron en mi formación profesional

Bryan Fabricio Chimborazo Quilligana

ÍNDICE

TEMA:	ii
ÍNDICE	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I:	1
1. PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Justificación de la Investigación	4
1.5 Limitaciones	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Internacionales	7
2.1.2. Nacionales	8
2.1.3. Locales	10
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. BLEVE	11
2.2.1.1. Explosión por una BLEVE	12
2.2.1.2. Condiciones para que ocurra una BLEVE	13
2.2.1.3. Consecuencias de una BLEVE	15
2.2.2. Explosión	17
2.2.2.1. Tipos de explosión según su origen	17
2.2.3. Incendio	19
2.2.3.1. Fases de un incendio	19
2.2.3.2. Formas de propagación de un incendio	21
2.2.3.3. Método para evaluar la zona de afección	22
2.2.4. Características de los combustibles estudiados	24

2.2.4.1.	Tolueno.....	24
2.2.4.2.	Diesel.....	25
2.3.	Marco legal	27
2.4.	Definición de términos	29
3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1.	Nivel de investigación.....	31
	Cuantitativa:	31
	Descriptiva:	31
	Exploratoria:	31
	Transversal	32
3.2.	Diseño de investigación	32
	No experimental	32
	De campo	32
3.3.	Población y muestra	33
3.4.	Técnicas y herramientas de recolección de la información.....	33
3.5.	Técnicas de procesamiento de la investigación	34
3.5.1.	Software ALOHA.....	34
3.5.2.	Análisis de Árbol de causas y consecuencias	34
	CAPÍTULO IV	35
4.	RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	35
4.1.	Identificación del riesgo por BLEVE utilizando el software ALOHA en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio.....	35
4.1.1.	<i>Resultados de estación de Servicio Sur Sindicato de Choferes</i>	35
4.1.2.	<i>Resultados de la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes</i>	59
4.2.	Categorización el riesgo por Blevé usando el sistema CCA (Tabla de clasificación de las consecuencias) en las ciudades circundantes a la gasolinera .	81
4.3.	Medidas propuestas para la reducción de riesgos por Blevé a las ciudadelas circundantes	92
5.	CONCLUSIONES	96
6.	RECOMENDACIONES	97
7.	BIBLIOGRAFÍA	99
8.	ANEXOS	102

Índice de tablas

Tabla 1 Datos para la simulación de la gasolinera Sur Sindicato de Choferes	35
Tabla 2 Datos del Pool Fire-Gasolinera Sur Sindicato de Choferes	41
Tabla 3 Datos Gasolina Super del Sindicato de Choferes Sur	47
Tabla 4 Datos de Gasolinera Sur Sindicato de Choferes Diesel	53
Tabla 5 Datos de la Gasolinera Norte Sindicato de Choferes Gasolina Extra	59
Tabla 6 Datos Gasolina Super Gasolinera Norte Sindicato de Choferes	65
Tabla 7 Datos Gasolina Diesel Gasolinera Norte Sindicato de Choferes	71
Tabla 8 Personas afectadas por Blevé según combustible en la Gasolinera Sur Sindicato de Choferes	77
Tabla 9 Personas afectadas por Blevé según combustible en la Gasolinera Norte Sindicato de Choferes	79
Tabla 10 Consecuencia 1; Sin daños en las infraestructuras y sin personas heridas	83
Tabla 11 Consecuencia 2; Personas con dolor leve y daño en las infraestructuras de las ciudadelas circundantes	85
Tabla 12 Consecuencia 3; Daños extensivos, personas heridas con quemaduras de segundo grado	87
Tabla 13 Consecuencia 4; Evento Blevé fuera de control potencialmente letal	90

Índice de figuras

Figura 1: Zona de Radiación Térmica - 7000 galones Extra. Gasolinera Sur Sindicato de Choferes	37
Figura 2: Zona de amenaza para Tolueno en la Gasolinera Sur Sindicato de choferes	39
Figura 3: Zona de amenaza de radiación térmica en la Pool Fire-Gasolinera Sur Sindicato de Choferes 700 galones Extra.....	43
Figura 4: Zona de amenaza Pool Fire Gasolinera Sur Sindicato de Choferes	45
Figura 5: Zona de amenaza de radiación térmica para 700 galones Gasolina Super	49
Figura 6: Zona de amenaza para Gasolina Super Gasolinera Sindicato de Choferes Sur.....	51
Figura 7: Zona de amenaza de radiación térmica 6234 galones Diesel Gasolinera Sur Sindicato de Choferes.....	55
Figura 8: Zona de amenaza Gasolinera Sur Sindicato de Choferes Diesel.....	57
Figura 9: Zona de amenaza de radiación térmica 7000 galones Extra Gasolinera Norte Sindicato de Choferes.....	61
Figura 10: Zona de amenaza Gasolina Extra-Gasolinera Norte Sindicato de Choferes	63
Figura 11: Zona de amenaza de radiación térmica 7000 galones Super Gasolinera Norte Sindicato de Choferes.....	67
Figura 12: Zona de amenaza Gasolina Super Gasolinera Norte Sindicato de Choferes	69
Figura 13: Zona de amenaza de radiación térmica para 6234 galones Diesel Gasolinera Norte Sindicato de Choferes.....	73
Figura 14: Zona de amenaza Diesel Gasolinera Norte Sindicato de Choferes	75
Figura 15: CCT para las gasolineras Sur y Norte Sindicato de Choferes	81

Índice de Anexos

Anexo 1: Aprobación del tema de investigación	102
Anexo 2 Instrumentos utilizados	103
Anexo 3 Registro fotográfico de las Actividades de inspección realizadas en la estación Norte	104
Anexo 4 registro fotográfico de las Actividades de inspección realizadas en la estación Sur	106
Anexo 5 Registro fotográfico de las tutorías realizadas	108

RESUMEN

La seguridad y gestión de riesgos en las proximidades de las estaciones de servicio son esenciales para garantizar la protección de las comunidades circundantes. El presente estudio emerge como una investigación exhaustiva y pionera, centrada en evaluar y analizar meticulosamente los riesgos asociados con BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) en ciudadelas cercanas a las estaciones de servicio del Sindicato de Choferes de Bolívar, con un énfasis especial en la gestión y prevención de riesgos. El objetivo principal ha sido investigar y analizar el potencial peligro de BLEVE, aplicando diversas metodologías como cuantitativa, descriptiva, exploratoria y transversal. El estudio está fundamentado en un diseño no experimental y de campo, empleando herramientas sofisticadas y avanzadas, como el software ALOHA y un análisis estructurado de árbol de causas y consecuencias. Todo ello, en un esfuerzo concentrado para procesar, evaluar y entender a profundidad la vasta información recolectada. Los hallazgos principales de la investigación resaltan la presencia de niveles discernibles de riesgo en las proximidades de las estaciones de servicio, ofreciendo una representación cartográfica detallada de los riesgos térmicos y delineando escenarios potenciales de catástrofes. A través del análisis, se han podido identificar y categorizar efectivamente los riesgos, permitiendo la propuesta de medidas específicas para la reducción de estos. En conclusión, el estudio ha permitido una comprensión más profunda del riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio, contribuyendo significativamente a las estrategias y acciones preventivas en el campo de la gestión de riesgos y prevención de desastres en dichas áreas.

Palabras clave: BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), Gestión de riesgos, Prevención de desastres, Estaciones de servicio

ABSTRACT

Security and risk management near gas stations are essential to ensure the protection of the surrounding communities. This study emerges as a comprehensive and pioneering investigation, focused on meticulously evaluating and analyzing the risks associated with BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) in citadels near the gas stations of the Bolívar Drivers Union, with a special emphasis on risk management and prevention. The main objective has been to investigate and analyze the potential danger of BLEVE, applying various methodologies such as quantitative, descriptive, exploratory, and cross-sectional. The study is based on a non-experimental and field design, using sophisticated and advanced tools, such as the ALOHA software and a structured analysis of cause and effect trees. All of this, in a concentrated effort to process, evaluate, and deeply understand the vast information collected. The main findings of the research highlight the presence of discernible levels of risk in the vicinity of the gas stations, offering a detailed cartographic representation of the thermal risks and outlining potential catastrophe scenarios. Through the analysis, it has been possible to effectively identify and categorize the risks, allowing the proposal of specific measures for their reduction. In conclusion, the study has allowed a deeper understanding of the risk of BLEVE in the citadels surrounding the gas stations, significantly contributing to the strategies and preventive actions in the field of risk management and disaster prevention in these areas.

Keywords: BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), Risk management, Disaster prevention, Service stations, Surrounding neighborhoods

INTRODUCCIÓN

Un BLEVE, o Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, es un tipo de explosión que puede ocurrir cuando un contenedor que almacena líquido a alta presión se rompe y resulta en la liberación violenta y súbita de su contenido. El líquido, al entrar en contacto con el ambiente, se vaporiza rápidamente, generando una explosión de gran magnitud. Este fenómeno representa un riesgo severo, especialmente en estaciones de servicio donde se manejan y almacenan grandes volúmenes de combustibles inflamables.

El presente estudio se centra en una exploración detallada y meticulosa de los riesgos y vulnerabilidades asociados a un posible evento BLEVE en dichas localidades. Se enfoca principalmente en comprender, evaluar y analizar cómo estos eventos pueden afectar las áreas residenciales cercanas y qué medidas preventivas y estrategias de gestión de riesgos pueden implementarse para mitigar los efectos potenciales de tales explosiones.

A través de un enfoque central en la prevención y gestión de desastres, la investigación busca desarrollar un conjunto de recomendaciones y estrategias efectivas para reforzar la seguridad de las ciudadelas circundantes, promoviendo un ambiente de resiliencia y preparación contra posibles eventos BLEVE. Se prioriza la identificación de prácticas y protocolos que puedan ser incorporados en la operación de las estaciones de servicio, asegurando así una protección robusta y una respuesta eficaz en caso de emergencias, contribuyendo a la protección integral de la comunidad y sus habitantes.

Para el desarrollo del estudio se llevaron a cabo los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I: PROBLEMA

Este capítulo es esencial para comprender la naturaleza y el alcance de la investigación. Incluye el planteamiento y la formulación del problema, proporcionando una visión clara de las inquietudes y cuestiones que motivaron el estudio. Además,

establece los objetivos, tanto generales como específicos, que guían la dirección y el enfoque de la investigación, así como la justificación que subraya la relevancia y necesidad de esta.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Esta sección proporciona una base sólida para la investigación, incluyendo antecedentes a niveles internacional, nacional y local. Incluye las bases teóricas, cubriendo conceptos esenciales como BLEVE, explosiones e incendios, además de características específicas de los combustibles estudiados. También se abordan las normativas y leyes relevantes, asegurando que la investigación esté alineada con los estándares y regulaciones existentes.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo detalla el enfoque metodológico adoptado, describiendo el nivel de investigación y el diseño empleado. Abarca aspectos clave como la población y muestra estudiada, así como las técnicas y herramientas utilizadas para la recolección y procesamiento de información, incluyendo softwares específicos y análisis relevantes, garantizando la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Aquí, se presentan y discuten los hallazgos de la investigación en línea con los objetivos establecidos. Este capítulo es crucial, ya que incluye la identificación y categorización de riesgos, así como las medidas propuestas para mitigar los riesgos identificados, proporcionando una base para las conclusiones y recomendaciones subsiguientes.

CONCLUSIONES

Este segmento reúne los elementos clave de la investigación, sintetizando los hallazgos y proporcionando una visión integrada de los resultados y su implicación en el campo de estudio.

RECOMENDACIONES

Basado en los hallazgos y conclusiones, este capítulo ofrece recomendaciones estratégicas y prácticas para mejorar la gestión de riesgos y la prevención de desastres relacionados con BLEVE en las estaciones de servicio estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA

Esta sección lista todas las fuentes y referencias utilizadas durante la investigación, garantizando el reconocimiento adecuado y permitiendo la consulta futura y el rastreo de información y datos utilizados.

CAPÍTULO I:

1. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El problema del riesgo potencial de un evento BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) o (Explosión de vapor de líquido en ebullición) en estaciones de servicio ubicadas en áreas residenciales es una preocupación creciente debido a sus posibles consecuencias catastróficas. Una BLEVE es una explosión causada por la rápida liberación de energía debido a la ebullición de un líquido, generalmente inflamable, contenido en un recipiente a presión, como un tanque de almacenamiento de gas o combustible. Este fenómeno puede ocurrir cuando un recipiente es expuesto a un fuego externo, lo que provoca un aumento en la presión interna y una falla en la integridad estructural del recipiente (Guevara et al., 2018).

Una BLEVE (Explosión de vapor de líquido en ebullición) es un peligro que causa destrucción total en todo lo que encuentra a su paso y que puede ser causado por fuego, rebosamiento, descarrilamiento, reacción fuera de control, colisión, sobrepresión u otros factores. Se menciona que ha habido varios incidentes de BLEVE en todo el mundo y que los organismos de prevención y control están trabajando para minimizar su ocurrencia (Venegas et al., 2018).

Los accidentes que se originan en tanques de almacenamiento de combustibles inflamables pueden causar graves daños al equipamiento cercano y a la propia instalación, lo que resulta en pérdidas económicas considerables (Segura-Alcívar et al., 2017). Las ciudadelas circundantes a estaciones de servicio con tanques de

almacenamiento de combustible pueden estar expuestas a un riesgo potencial de una BLEVE si no se implementan medidas de seguridad adecuadas. Los eventos de una BLEVE pueden generar ondas expansivas, proyección de fragmentos y liberación de sustancias tóxicas e inflamables, lo que podría resultar en pérdida de vidas, lesiones, daños a la propiedad y al medio ambiente, así como interrupciones en los servicios básicos (Quevedo y Molina, 2023).

El problema se ve agravado por la falta de conciencia y comprensión de los riesgos asociados con los eventos BLEVE, así como por la carencia de medidas de prevención y mitigación adecuadas (Prediction of BLEVE blast loading using CFD and artificial neural network, 2021). La ubicación de las estaciones de servicio en áreas residenciales aumenta la probabilidad de que un evento BLEVE afecte a la población y a la infraestructura local.

Por lo tanto, es fundamental abordar el riesgo potencial de BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio mediante la implementación de una evaluación de riesgos laborales y la adopción de medidas preventivas y de mitigación adecuadas para garantizar la seguridad y el bienestar de los residentes, así como la protección del medio ambiente y las infraestructuras locales.

Las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar se encuentran ubicadas en áreas residenciales, lo que plantea un riesgo potencial de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) para las ciudadelas circundantes. La falta de una evaluación de riesgos laborales y medidas preventivas adecuadas podría aumentar la

probabilidad de un evento BLEVE, lo que tendría consecuencias catastróficas para la población, el medio ambiente y la infraestructura local.

El problema principal para abordar es cómo reducir el riesgo de un evento BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar. Para resolver este problema, se debe evaluar el riesgo actual de BLEVE mediante un modelo matemático, categorizar el riesgo con el sistema CCA y el software ALOHA y, finalmente, proponer medidas efectivas de reducción de riesgos que sean aplicables a las áreas circundantes.

El desafío radica en desarrollar e implementar una metodología sólida que permita una evaluación de riesgos eficiente y efectiva, así como en identificar y aplicar las medidas preventivas y de mitigación más adecuadas para reducir el riesgo de un evento BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo incide el riesgo por bleve en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de bolívar?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el riesgo por Blevé en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar con un enfoque en la gestión de riesgo y la prevención de desastres.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Aplicar un modelamiento matemático usando el software ALOHA para identificar el riesgo por Blevé en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio.
- Categorizar el riesgo por Blevé usando el sistema CCA en las ciudades circundantes a las estaciones de servicio.
- Proponer medidas efectivas de reducción de riesgos por Blevé a las ciudadelas circundantes.

1.4. Justificación de la Investigación

La presencia de estaciones de servicio en áreas residenciales representa un riesgo potencial para las ciudadelas circundantes debido a la posibilidad de un evento BLEVE. La evaluación de riesgos laborales y la implementación de medidas preventivas son fundamentales para garantizar la seguridad de la población, el medio ambiente y la infraestructura local. Por tanto, es necesario abordar esta problemática mediante un enfoque sistemático y riguroso que permita identificar y gestionar adecuadamente los riesgos asociados a estos eventos.

La importancia de este estudio radica en su capacidad para mitigar y prevenir los efectos devastadores de un evento BLEVE en las áreas residenciales cercanas a las

estaciones de servicio. La evaluación y gestión adecuada de los riesgos permitirá a las autoridades, operadores de estaciones de servicio y a la comunidad en general, tomar decisiones informadas y aplicar medidas preventivas que contribuyan a mejorar la seguridad y el bienestar de todos los involucrados.

Los beneficiarios directos de este estudio serán los habitantes de las ciudades circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar, quienes podrán contar con un entorno más seguro al reducirse el riesgo de un evento BLEVE. Asimismo, los operadores de las estaciones de servicio y las autoridades locales se beneficiarán al contar con información y herramientas para tomar decisiones informadas y aplicar medidas preventivas adecuadas.

El aporte técnico de este estudio se basa en la elaboración de un modelo matemático que permita evaluar el riesgo de BLEVE, así como en la aplicación del sistema CCA y el software ALHOA para categorizar y gestionar dichos riesgos. Estas herramientas y metodologías podrán ser utilizadas en otros contextos similares y servir como referencia para futuras investigaciones y proyectos en el ámbito de la seguridad industrial y la prevención de desastres.

El desarrollo de este estudio es factible, ya que se cuenta con las herramientas y metodologías necesarias para llevar a cabo la evaluación de riesgos y la implementación de medidas preventivas. Además, la colaboración entre las autoridades, operadores de estaciones de servicio y la comunidad facilitará la obtención de información y la implementación de las soluciones propuestas. La factibilidad de este proyecto también

se ve respaldada por la existencia de estudios previos y casos de éxito en la gestión de riesgos y prevención de desastres en contextos similares.

1.5 Limitaciones

Para el cumplimiento del trabajo existieron las siguientes limitaciones:

- ✓ **Falta de control y Respuesta:** Las estaciones de servicio deben tener sistemas efectivos de control y respuesta en caso de un incidente. Sin embargo, a menudo las capacidades de respuesta pueden ser limitadas, especialmente en áreas donde los recursos son escasos.
- ✓ **Ausencia de Comunicación y Concientización:** La conciencia pública sobre los riesgos de un BLEVE es esencial para la gestión de riesgos. La falta de educación pública y comunicación sobre los procedimientos de seguridad puede ser una limitación.
- ✓ **Registro de datos deficiente:** la calidad y cantidad de los registros existentes pueden ser insuficientes lo que limita la precisión y confiabilidad de los análisis y cálculo

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Ante la gravedad de las explosiones Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) en Argentina, (Kraft et al., 2022) trabajaron sobre “BLEVE – Estimación de distancias seguras basándose en variables de diseño” con el propósito de “cuantificar el impacto sobre un receptor específico ubicado a una cierta distancia del evento accidental”, para la obtención de datos desarrollaron un análisis cuantitativo de riesgos considerando como variables el volumen del depósito y la distancia segura, además de una revisión bibliográfica especializada. Concluyendo que la distancia segura al ocurrir un accidente BLEVE es directamente proporcional al volumen del depósito.

En España, (Pérez, 2019) realizó un “Análisis de riesgo de una instalación de almacenaje de hidrocarburos” con el objetivo de analizar los riesgos de una explosión BLEVE en un depósito esférico y las consecuencias en personas y estructuras. Para su desarrollo el investigador recaudo de información relacionada con la explosión de los tanques de la refinería de Texas en el año 2005 y sus efectos, utilizó el método TNT y el método de multienergía para calcular la distancia de los efectos de la explosión por confinamiento de gas, cuyos resultados comparó con los del informe oficial del hecho.; el método probit para analizar las consecuencias, además consideró el cambio del viento como causante de la explosión BLEVE. Concluyendo que se descarta la explosión BLEVE por flujo de calor de los tanques, no hubo pérdidas humanas, pero si a la

distancia a 220 m del depósito la bola de fuego era mortal y a 350 m generó quemaduras de primer grado en las personas.

2.1.2. Nacionales

En Cuenca, (Gálvez, 2020), titula su investigación “Evaluación del nivel de riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicio de combustible del cantón Loja en el 2019, a través del método Índice Dow y la estimación de las zonas de amenaza con el software informático ALOHA” y se plantea como objetivo “Evaluar el riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicio de combustible del cantón Loja en el 2019, a través del método Índice Dow y software ALOHA”. Mediante el estudio de 13 gasolineras ubicadas en la zona urbana de Loja y la aplicación de una encuesta a un trabajador de las gasolineras, pudo estimar la zona de afectación en caso de una explosión BLEVE y estructurar una matriz para verificar si se cumplían las normas técnicas y legales.

Encontrando que la mayoría tenían más de 20 años funcionando y con al menos 10 trabajadores; el 85% considera que si se cumple con los reglamentos de seguridad; el 92% indica que cuenta con equipo de protección personal; el 85% indica que cuenta con una identificación de peligros y evaluación de riesgos; el 69% indica que existen lugares donde concurren muchas personas en menos de 100 m de la estación tales como escuelas centros comerciales y mercados e iglesias entre otros; el 85% indica que no ha sufrido incendio o explosión la estación de servicio durante su operación; el 46% indica que ha habido derrames de combustible el 46% indica que no ha habido simulacros en los últimos años de incendio o explosiones. De acuerdo al índice Dow la mayoría de

las estaciones tiene un de riesgo y explosión grave, con una probabilidad del 68% de que ocurra en cada una de las estaciones de combustible una explosión o incendio.

Conclusión las estaciones de gasolina estudiadas en Loja todas tienen un nivel alto de peligro grave de sufrir de incendios y explosiones en caso de un accidente tipo BLEVE; en los primeros 60 segundos el daño potencial en la zona sería grave en un radio que va desde los 249 m a los 339 m causando la muerte a las personas y en que se encuentren entre los 288 m y los 358 m sufrirá de quemaduras graves de segundo grado.

En Esmeralda, (Zambrano, 2021) realizó una investigación sobre la “Evaluación del plan de gestión de riesgos contra incendios y explosiones en una estación de servicio Primax ubicada al sur de Esmeraldas” con el objetivo de “Evaluar el plan de gestión de riesgos contra incendios y explosiones de la Gasolinera PRIMAX ubicada al sur de la ciudad Esmeraldas valorando el sistema ya implementado”, para tal efecto desarrollo una investigación no experimental de tipo descriptiva y empleó la entrevista a 14 trabajadores, la observación en el sitio y el análisis sistemático para recopilar información. Ç´

Estableciendo que, se cumplen el 90% de los parámetros de seguridad; el determinante de la carga de fuego es alto en la gasolina Super y muy alto en Eco-país y diésel; las fuentes de ignición observadas fueron superficies calientes, gases calientes, electricidad estática, entre otras; existen algunas medidas preventivas contra explosiones e incendios; las zonas de riesgo son el almacenamiento y la descarga,

aunque están monitoreadas. Conclusión el riesgo de incendio es muy alto producto de las cargas de fuego, porque es alto el potencial de causar daños al personal e instalaciones.

En la zona de San Miguel de los Bancos (Rojas, 2022) enfocó su investigación hacia las “Identificación y evaluación del riesgo de explosividad e incendio en la estación de servicio del campamento del GAD provincia de Pichincha” con el objetivo de “identificar los factores del riesgo y los procesos en la estación de servicio del campamento”. Por medio de la observación se determinó que en la zona laboran 134 personas, se abastece gasolina y diésel en dos surtidores, además existen tanques de almacenamiento de combustible, con el método NFPA se determinó que existe un porcentaje alto de incendio por los materiales ubicados cerca de los surtidores y en la parte donde se encuentran ubicados los tanques de almacenamiento; de haber un incidente el riesgo en el área de impacto sería alto. Concluyendo que de acuerdo con la metodología NFPA existe un nivel alto de riesgo de explosión e incendio en toda el área y con un nivel no tolerable de repercusión en todo el campamento de acuerdo con la metodología DOW.

2.1.3. Locales

En Guaranda (Amangandi y Ramos, 2021) titularon su investigación “Riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicios del casco urbano de Guaranda y modelamiento de dispersión gaussiano para prevenir y mitigar las consecuencias” con el propósito de prevenir y mitigar las consecuencias de ocurrir una explosión e incendio en alguna estación de servicio en la provincia de Bolívar. Los investigadores utilizaron

el programa ALOHA para generar la matriz” y el Índice de Seguridad de la Estaciones de Servicio”, para determinar las áreas susceptibles el “Método simplificado de evaluación del riesgo de incendio” y el modelamiento de dispersión gaussiano para prevenir un BLEVE. Encontrando que a mayor capacidad de almacenamiento de combustible mayor es la de ocurrir un BLEVE y mayor es el riesgo de causar daños en el área.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. BLEVE

Una explosión de gas es un evento peligroso que puede ocurrir en diferentes situaciones, como en instalaciones industriales, en hogares o en la naturaleza. Las explosiones de gas pueden ser causadas por fugas de gas, mal funcionamiento de equipos, errores humanos, entre otros factores.

Entre las dos explosiones de gas típicas mencionadas en la pregunta, la Explosión de Nube de Vapor (VCE) ocurre cuando una nube de vapor se mezcla con aire y se enciende, lo que provoca una explosión. Por otro lado, la Explosión de Vapor en Expansión de Líquido en Ebullición (BLEVE acrónimo de Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) ocurre cuando un recipiente que contiene líquido en ebullición se rompe, lo que provoca una liberación repentina de vapor y una explosión (Baraza, 2023).

Estas explosiones pueden ser extremadamente peligrosas y pueden causar daños significativos a la propiedad y la vida humana por la liberación repentina de energía que genera ondas de choque. Por lo tanto, es importante tomar medidas de seguridad

para prevenir explosiones de gas, como mantener los equipos en buen estado, realizar inspecciones regulares, seguir las normas de seguridad y capacitación adecuada para el manejo de gas (Wang et al., 2022).

2.2.1.1. Explosión por una BLEVE

La onda expansiva de una BLEVE es un fenómeno que ocurre cuando un líquido inflamable se calienta y se vaporiza en un recipiente cerrado, lo que aumenta la presión interna hasta que el recipiente explota. Esta explosión genera una onda expansiva que se propaga a través del aire y puede causar daños significativos a las estructuras cercanas.

La onda expansiva típica de campo lejano de una BLEVE se compone de tres ondas.

- La primera onda, conocida como onda de plomo, es un choque supersónico que se produce cuando el gas liberado por la explosión se expande rápidamente y alcanza velocidades muy altas. Esta onda de choque es seguida por una baja presión, que es causada por la rápida expansión del gas y la creación de un vacío parcial detrás de la onda de choque.
- La segunda onda, conocida como sobrepresión o choque débil, es causada por la expansión continua del gas y la creación de una zona de alta presión detrás de la onda de baja presión. Esta onda de choque es menos intensa que la primera, pero aún puede causar daños significativos a las estructuras cercanas.

- La tercera onda, que sigue a las dos primeras, se cree que proviene del líquido intermitente. Esta onda tiene un aumento de presión más gradual y probablemente no es una onda de choque. En cambio, es causada por la liberación continua de vapor y líquido del recipiente dañado (Birk et al., 2020).

Estas ondas pueden causar daños significativos a las estructuras cercanas y deben ser tomadas en cuenta en la planificación de la seguridad industrial.

2.2.1.2. Condiciones para que ocurra una BLEVE

Para que una BLEVE se origine es necesario que se converjan ciertas condiciones, entre las cuales se encuentran:

Sobrecalentamiento del líquido: es un fenómeno que ocurre cuando un líquido se encuentra a una temperatura mayor a la que le correspondería en la curva líquido-vapor, debido a que se ha sometido a una presión mayor a la atmosférica y luego se produce una súbita despresurización. Los gases licuados, como el propano y el butano, son comúnmente almacenados y transportados en recipientes a presión. Si estos gases se sobrecalientan, pueden comenzar a hervir y generar una gran cantidad de vapor, lo que aumenta la presión dentro del recipiente.

En condiciones normales, cuando un líquido se encuentra a una cierta presión, existe una temperatura específica en la que el líquido se convierte en vapor. Sin embargo, si el líquido se encuentra a una temperatura mayor a la que le correspondería

en la curva líquido-vapor, se dice que está sobrecalentado y se mantiene en estado líquido a pesar de estar a una presión en la que normalmente debería ser vapor.

El sobrecalentamiento puede ser peligroso, ya que el líquido sobrecalentado puede tener una energía térmica mayor a la que se espera, lo que puede provocar una explosión si se produce una súbita despresurización, como en el caso de la rotura de un recipiente a presión (Pérez, 2019).

Bajada repentina de la presión interna del recipiente: la presión dentro del recipiente que contiene el gas licuado es un factor crítico en la producción de un BLEVE. Si la presión dentro del recipiente aumenta demasiado, puede provocar una falla en el recipiente y una liberación repentina del gas licuado.

La despresurización súbita es un fenómeno que ocurre cuando la presión a la que está sometida una sustancia líquida en un recipiente se libera repentinamente a la atmósfera, causando una vaporización casi instantánea y la formación de núcleos de vaporización en toda la masa. Esto puede ser causado por el calor de una llama de un incendio u otras fuentes de calor extremo. La nucleación homogénea puede ser más violenta y destructiva que la nucleación heterogénea. Las condiciones extremas de sobrecalentamiento en las que se producirá la nucleación espontánea en toda la masa del líquido se pueden establecer a partir de la línea tangente a la curva de presión de vapor-temperatura en el punto crítico (Pérez, 2019).

También es importante considerar como factores que intervienen en una BLEVE:

Temperatura: la temperatura del líquido también es un factor importante en la producción de BLEVE. Si el líquido se calienta demasiado, puede comenzar a hervir y generar una gran cantidad de vapor, lo que aumenta la presión dentro del recipiente.

Volumen: el volumen del líquido también es un factor importante en la producción de una BLEVE. Si el volumen del líquido es demasiado grande, puede generar una gran cantidad de vapor, lo que aumenta la presión dentro del recipiente (Condor, 2021).

2.2.1.3. Consecuencias de una BLEVE

Considerando que el BLEVE es un tipo de accidente que puede ocurrir en instalaciones que almacenan líquidos inflamables o gases licuados a presión, como tanques de almacenamiento, vagones cisterna o recipientes de gas, recipientes que pueden explotar violentamente, liberando una gran energía y causando daños significativos en la zona brillante.

Las consecuencias de una BLEVE van a depender en gran medida de la distancia de separación en la que se encuentren las personas u objetos del punto donde del foco del evento y por la sobrepresión que es generada por la onda expansiva, la cual puede causar daños estructurales leves o importantes como destrucción de tanques cercanos y de tuberías, derribar edificios, romper ventanas; en las personas puede causar: rotura del tímpano, quemaduras, muerte por hemorragia pulmonar (Kraft et al., 2022).

La bola de fuego desprendida en una BLEVE causa quemaduras a las personas que se encuentran en el área cercana, las lesiones en los tejidos del cuerpo van a depender de la distancia con el punto de la explosión. Estas quemaduras pueden ser de

primer grado son las que afectan superficialmente la epidermis de la piel y generan un leve enrojecimiento; quemaduras de segundo grado afecta la epidermis y la dermis, generando ampollas que segregan líquidos, es una quemadura muy dolorosa y las quemaduras de tercer grado afecta profundamente todas las capas de la piel, la persona afectada no siente dolor a causa del daño ocasionado a las terminaciones nerviosas (Robalino, 2022).

Además de la sobrepresión, una BLEVE también puede generar proyección de fragmentos metálicos o proyectiles del depósito y piezas adyacentes. Estos fragmentos pueden ser lanzados a gran velocidad y causar lesiones graves o incluso la muerte a las personas cercanas al lugar del accidente.

Otro efecto secundario nocivo que puede darse en una BLEVE es la radiación térmica por la bola de fuego que se forma. La bola de fuego es una nube de gas y vapor en llamas que se eleva desde el lugar del accidente. Esta nube puede generar una gran cantidad de calor y radiación, lo que puede causar quemaduras graves a las personas cercanas al lugar del accidente.

Además de estos efectos directos, una BLEVE también puede generar un efecto dominó. Esto ocurre cuando los efectos de la sobrepresión, radiación y proyectiles alcanzan a depósitos o instalaciones que almacenan otras sustancias peligrosas. Si estos depósitos o instalaciones también explotan, pueden generar otros accidentes secundarios, propagando y aumentando las consecuencias iniciales del accidente (Pérez, 2019).

2.2.2. Explosión

Una explosión es definida como una liberación de energía generando un incremento muy rápido de la presión, durante este proceso se libera calor, gases y luz, además se produce un estruendo por la ruptura violenta del envase que contiene al gas o combustible. Para que desencadenar una explosión es necesario que existan 3 elementos fundamentales oxígeno combustible y una fuente de ignición. Pero para que se produzca una explosión, es necesario que la mezcla de combustible y comburente esté confinada en un recinto en forma de mezcla de gas en suspensión, y que los umbrales de concentración en oxígeno y combustible sean propicios para explotar (Hermans, 2021).

2.2.2.1. Tipos de explosión según su origen

Las explosiones mecánicas son aquellas en las que un gas a alta presión produce una reacción física, falla del recipiente o ruptura del recipiente. Si el material almacenado en el contenedor es inflamable, en muchos casos se produce un incendio siempre que haya una fuente de ignición o la temperatura del producto esté por encima de su temperatura de ignición autógena.

Las explosiones físicas, son un tipo de explosión mecánica, las cuales son causadas por la liberación de gas que se comprime, la expansión de vapor de un líquido en ebullición, o la evaporación de un líquido que entra en contacto con una superficie caliente, estas pueden ser:

- Explosión por liberación de gas comprimido: este tipo de explosión se produce cuando un gas comprimido se libera repentinamente de su

recipiente, provocando una rápida expansión del gas y un aumento repentino de la presión.

- Explosión por expansión de vapor de líquido en ebullición (BLEVE): este tipo de explosión se produce cuando un líquido contenido en un recipiente se calienta hasta el punto de ebullición, provocando que aumente la presión del vapor y rompa el recipiente. La explosión resultante puede ser muy poderosa y destructiva.
- Explosión por evaporación de un líquido en contacto con una superficie caliente: este tipo de explosión se produce cuando un líquido entra en contacto con una superficie caliente, provocando que se evapore y expanda rápidamente. La presión resultante puede causar una explosión.

Las explosiones químicas ocurren debido a reacciones de descomposición o de combinación, que son ambas reacciones exotérmicas. En consecuencia, la rápida expansión del gas que se libera forma una onda de choque. Hay dos tipos de explosivos químicos: explosivos de alto orden y explosivos de bajo orden y los explosivos de alto orden provocan ondas de choque destructivas (Gálvez, 2020).

Las explosiones por deflagración: son un tipo de explosión en la que la reacción de propagación avanza a una velocidad subsónica. Este tipo de explosión se produce cuando una masa combustible, que puede estar en estado sólido, líquido, gas, vapor, polvo en suspensión o líquido nebulizado, se inflama y se quema de manera relativamente lenta. La velocidad de propagación de la llama es menor que la velocidad

del sonido, lo que significa que la onda de choque que se produce es relativamente débil (de Prada, 2020).

2.2.3. Incendio

El incendio es un fuego que se propaga de manera descontrolada y puede causar daños materiales y poner en peligro la vida de las personas y los animales. El incendio es causado por una reacción química donde deben estar presente tres parámetros; combustible, calor y oxígeno. Los incendios pueden ser causados por combustión por diversas razones, como la actividad humana, las condiciones climáticas extremas, la espontánea, entre otros factores.

Cuando un incendio se produce, la combustión se desarrolla sin control en el tiempo y en el espacio, lo que significa que puede extenderse rápidamente y abarcar grandes áreas. Además, el fuego puede ser difícil de extinguir debido a su intensidad ya las condiciones ambientales que lo rodean. Por lo tanto, es importante tomar medidas preventivas para evitar incendios y estar preparada para actuar en caso de que se produzcan (Flores, 2021) .

2.2.3.1. Fases de un incendio

Primera fase o fase incipiente: es la primera etapa en la que el fuego comienza a desarrollarse. Durante esta fase, el oxígeno presente en el aire no se ha sido disminuido significativamente y el fuego genera vapor de agua, monóxido de carbono, dióxido de carbono y probablemente una pequeña cantidad de dióxido de azufre y otros gases.

A medida que aumenta la temperatura, el calor generado por el fuego puede alcanzar una temperatura de 538 °C. Sin embargo, el lugar donde se ha iniciado el incendio solo experimenta un ligero aumento de temperatura (Condor, 2021).

Es importante tener en cuenta que, durante esta fase, el fuego aún es controlable y puede ser extinguido con facilidad si se toman las medidas adecuadas. Por lo tanto, es fundamental actuar rápidamente y llamar a los servicios de emergencia para que puedan intervenir antes de que el fuego se propague y se vuelva incontrolable.

Segunda fase o fase libre de combustión: en esta fase el fuego se propaga rápidamente y se involucran las actividades de libre combustión. El oxígeno presente en el aire es lanzado hacia las llamas, lo que aumenta la intensidad del fuego. La convección transporta el calor a las zonas más altas confinadas, lo que provoca que los gases calientes se expandan lateralmente desde la zona del tanque hacia abajo, obligando a que el aire frío se dirija hacia los niveles inferiores. Esto facilita la ignición de materiales combustibles en los niveles superiores del contenedor.

En esta fase, la temperatura puede llegar a superar los 700 °C, lo que hace que el fuego sea extremadamente peligroso y difícil de controlar. A medida que el incendio avanza, el oxígeno se agota y la combustión se reduce a la tercera fase, conocida como la fase latente (Condor, 2021).

Es importante tener en cuenta que la fase de combustión libre es la más peligrosa y destructiva de un incendio, ya que el fuego se propaga rápidamente y puede causar daños graves en cuestión de minutos.

Tercera Fase o fase latente: se conoce como la fase de brasas incandescentes o combustión lenta. Durante esta fase, el fuego se ha propagado a través de la mayoría de los materiales combustibles en el área y ha consumido la mayoría del oxígeno disponible. En esta etapa, las llamas pueden dejar de existir si la zona confinada es cerrada completamente, lo que limita el suministro de oxígeno y reduce la combustión a brasas incandescentes.

Las brasas incandescentes pueden seguir ardiendo durante horas o incluso días después de que las llamas hayan desaparecido. Estas brasas pueden ser extremadamente peligrosas, ya que pueden reavivar el fuego si entran en contacto con materiales combustibles o si se les suministra oxígeno nuevamente. Por lo tanto, es importante asegurarse de que todas las brasas estén completamente apagadas antes de abandonar el área del incendio (Condor, 2021).

2.2.3.2. Formas de propagación de un incendio

El calor puede moverse de un sitio a otro, de donde hay mayor concentración de temperatura a otro sitio donde existe menor temperatura, esto sucede con el objetivo de estabilizarse y lograr el equilibrio y propagarse en todas las direcciones. El incendio se puede propagar por los siguientes métodos:

Conducción: este método de propagación habitualmente se basa en el contacto directo del calor con un objeto sólido, ya bien sea combustible o no combustible, esto se denomina conductividad térmica. Como ejemplo se podría mencionar que la energía térmica hace contacto con una viga de acero que puede traspasar las paredes de un

recinto a otro, esta viga puede transmitir calor a otro recinto, acumulando y produciendo más calor sobre otros materiales.

Convección: este método se da a través de la transferencia de calor y frecuentemente ante la presencia de gases. Cuando se presenta un incendio se desprenden diferentes gases, estos gases poseen una alta temperatura, los cuales cuando se encuentran en un recinto o tanque cerrado tienden a ascender verticalmente, de esta forma los volúmenes fríos se desplazan hacia abajo, por lo que los incendios se originan por el método de convección en los niveles superiores de recinto o tanque.

Radiación: este método se caracteriza por ser un proceso de transferencia de calor atravesando del espacio y en una dirección recta. Por ejemplo, cuando el sol emite radiación a través del espacio y por lo tanto se calienta la tierra. Este método de propagación de un incendio no implica que los cuerpos tengan contacto entre sí, basta con que se genere el suficiente calor para iniciar un fuego en el cuerpo opuesto (Huamani y Paucara, 2019).

2.2.3.3. Método para evaluar la zona de afección

ALOHA: Areal Locations of hazardous Atmospheres o Localización Aéreas de Atmósferas Peligrosas es una herramienta computarizada creada en 1980. Este software fue diseñado para modelar los riesgos clave asociados con las liberaciones químicas que resultan en dispersiones de gases tóxicos, incendios y/o explosiones. El programa es una herramienta útil para las personas que responden a emisiones químicas y para la planificación y capacitación de emergencia.

Las versiones anteriores a 5.4 de ALOHA solo modelaban la amenaza de una nube tóxica por una liberación accidental y su dispersión. Sin embargo, la versión actual del programa puede predecir la zona donde radiación térmica o calor irradiado por el fuego, podría ser dañino.

El programa modela cuatro riesgos clave: toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica y sobrepresión.

- La toxicidad se refiere a la capacidad de una sustancia química para causar daño a la salud humana.
- La inflamabilidad se refiere a la capacidad de una sustancia química para arder o explotar.
- La radiación térmica se refiere al calor que se irradia desde una fuente de fuego y puede causar daño a las personas y a los objetos cercanos. Se expresa en Kw/m^2 el color rojo significa que es potencialmente letal en 60 sg; el color naranja que se producirán en las personas quemaduras de segundo grado en 60 sg y el color amarillo la persona sentirá dolor en 60 sg.
- La sobrepresión se refiere a la presión que se acumula en un recipiente o tubería debido a una liberación química y puede causar explosiones.

Además, el programa permite establecer la zona de seguridad en la cual las personas no sufrirían ninguna afectación, aunque estén expuestos por un período de tiempo prolongado. La zona de seguridad se expresa en Kw/m^2 (Gálvez, 2020).

2.2.4. Características de los combustibles estudiados

2.2.4.1. Tolueno

El tolueno es un líquido inflamable, claro e incoloro, con un olor característico. Tiene un punto de inflamación de 40°F, es menos denso que el agua e insoluble en ella, lo que significa que flota en el agua y sus vapores son más pesados que el aire. Se utiliza en combustibles de aviación y automoción, como solvente y para fabricar otros productos químicos. Es altamente inflamable, insoluble en agua y puede ser tóxico por inhalación, ingestión o contacto con la piel.

Los vapores pueden irritar los ojos y las vías respiratorias superiores, causar mareo, dolor de cabeza, anestesia, paro respiratorio y si se aspira, puede causar tos, arcadas, angustia y edema pulmonar en desarrollo rápido. La exposición al líquido puede irritar los ojos y causar sequedad en la piel. La ingestión puede causar vómitos, retortijones, diarrea y depresión respiratoria.

El tolueno reacciona vigorosamente con cloruro de alilo u otros haluros de alquilo, incluso a temperaturas muy bajas, y puede generar explosiones. Es incompatible con agentes oxidantes fuertes y puede causar sobrepresión y ruptura de un tanque si se mezcla con dicloruro de azufre.

En caso de derrame o fuga, se recomienda aislar el área al menos 50 metros en todas las direcciones y considerar la evacuación inicial en un radio de 300 metros en caso de un derrame grande. Para incendios involucrando tanques o cargas de automóviles/remolques, se recomienda el aislamiento a 800 metros en todas las direcciones.

El equipo de protección personal recomendado incluye ropa que prevenga el contacto con la piel y protección ocular para evitar el contacto con los ojos. La ropa mojada debe ser retirada inmediatamente debido a su peligro de inflamabilidad.

En caso de contacto con los ojos, se deben lavar con agua o solución salina durante 20 a 30 minutos mientras se llama a un hospital o centro de control de envenenamientos. En caso de contacto con la piel, se debe lavar la piel afectada con agua mientras se retira y se aísla toda la ropa contaminada. Si se desarrollan síntomas como enrojecimiento o irritación, se debe llamar a un médico y estar preparado para transportar a la víctima a un hospital.

En caso de inhalación, se debe abandonar inmediatamente el área contaminada y respirar aire fresco. Si se desarrollan síntomas como sibilancias, tos, dificultad para respirar o ardor en la boca, garganta o pecho, se debe llamar a un médico y estar preparado para transportar a la víctima a un hospital.

Si se ingiere, **NO SE DEBE INDUCIR EL VÓMITO**. Si la víctima está consciente y no tiene convulsiones, se pueden administrar 1 o 2 vasos de agua para diluir el químico y se debe llamar inmediatamente a un hospital o centro de control de envenenamientos (CAMEO Chemicals, 2022).

2.2.4.2. Diesel

El aceite combustible diésel es un líquido inflamable que varía en color desde amarillo paja hasta oscuro y tiene un olor a petróleo. Tiene un punto de inflamación inferior a 141°F y es menos denso que el agua, por lo que flota en ella. Sus vapores son más pesados que el aire, lo que significa que pueden acumularse en áreas bajas o

confinadas. Este aceite combustible contiene hidrocarburos saturados alifáticos que pueden ser incompatibles con agentes oxidantes fuertes como el ácido nítrico. Estos hidrocarburos son generalmente no reactivos, pero pueden quemarse para producir dióxido de carbono y agua. En caso de derrame, se recomienda aislar el área y considerar la evacuación. El combate de incendios debe realizarse con precaución utilizando agentes extintores adecuados y equipos de protección personal.

En caso de contacto con los ojos o la piel, se deben enjuagar inmediatamente con agua y buscar atención médica si se desarrollan síntomas como enrojecimiento o irritación. En caso de inhalación, se debe abandonar inmediatamente el área contaminada y buscar aire fresco. Si se ingiere, no se debe inducir el vómito y se debe buscar atención médica de inmediato. Las propiedades físicas relevantes del diésel incluyen un punto de inflamación de 125°F, límites explosivos de 1.3% a 6%, temperatura de autoignición de 350 a 625°F y solubilidad en agua de menos de 1 mg/mL a 66°F.

Aunque no hay información reglamentaria específica disponible para el diésel, se han establecido Guías de Niveles de Exposición Aguda (AEGL) y Criterios de Acción Protectora (PAC) para el diésel y otros combustibles de destilación media. Estas guías proporcionan niveles de exposición recomendados para proteger la salud humana en caso de liberación accidental (CAMEO Chemicals, 2022).

2.3. Marco legal

Constitución de la República de Ecuador (2008)

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del medio Ambiente de Trabajo (1986).

Art. 11.- Obligaciones de los Empleadores. - Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, las siguientes:

2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.

3. Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.

9. Instruir sobre los riesgos de los diferentes puestos de trabajo y la forma y métodos para prevenirlos, al personal que ingresa a laborar en la empresa.

10. Dar formación en materia de prevención de riesgos, al personal de la empresa, con especial atención a los directivos técnicos y mandos medios, a través de cursos regulares y periódicos. (p.6-7)

Art. 162. se consideran locales con riesgo de explosión aquellos en los que exista alguno de los materiales siguientes

1. Materiales E.1. “Gases, vapores cuya posible mezcla con el oxígeno presente, en cantidad y composición, a la temperatura existente, esté comprendida dentro de los límites de explosividad, tales como metano y acetileno”. (p.73)

Art. 163.- Locales con riesgo de explosión. - Se observarán en forma estricta las normas de seguridad sobre almacenamiento, manipulación y transporte de sustancias explosivas e inflamables. En cuanto a la estructura y condiciones de los locales de almacenamiento de explosivos se cumplirá con las siguientes normas:

- Las estructuras y paredes adoptarán formas geométricas tendientes a desviar la onda explosiva en las direcciones más favorables.
- Los suelos, techos y paredes serán incombustibles, impermeables y de fácil lavado. (p 74)

Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios (2009).

Art. 290.- “No se permitirá el almacenamiento de combustible en tanques o tambores que no estuvieren técnicamente normados para cumplir con dicha función”. (p.41)

Art. 292.- “Todas las gasolineras deben disponer de un plan de autoprotección, mapa de riesgos, recursos y evacuación en caso de incendios, bajo la responsabilidad del representante legal con la constatación del cuerpo de bomberos de la jurisdicción. Todo el personal de gasolineras y estaciones de servicio y moradores colindantes a éstas,

deben estar capacitados y entrenados para responder efectivamente ante un incidente de incendio”. (p.41)

Art. 293.- “Dentro de los parámetros considerados en la distancia de los tanques a linderos y propiedades vecinas, deben ser de seis metros (6 m) como mínimo y podrá ocupar los retiros reglamentarios municipales. También debe retirarse cinco metros (5 m) de toda clase de edificación o construcción propia del establecimiento”. (p.41)

Ley de defensa contra incendios (2015)

Art.23.- Para los fines de esta Ley se considera también contravención además de las establecidas en el Código Penal, todo acto arbitrario, doloso o culposo, atentatorio a la protección de las personas y de los bienes en los casos de desastre provenientes de incendio. (p.5)

2.4. Definición de términos

Combustible: es la “sustancia que en presencia de oxígeno y con cierta energía de activación, es capaz de arder, se clasifican según su naturaleza en: sólidos, líquidos y gaseosos”, (Zambrano, 2021, p. 16)

Combustión: es una “reacción de oxidación rápida que tiene lugar entre un combustible y un comburente, normalmente el oxígeno presente en el aire. Es un proceso exotérmico auto mantenido y complejo, que dependiendo de la naturaleza del combustible incluye diferentes etapas, generalmente con la presencia de una llama”. (de Prada, 2020, p. 2)

Explosión: es un “fenómeno que se produce cuando se libera de forma violenta una cierta cantidad de energía que estaba atrapada en un espacio reducido, provocando un aumento de la presión, desprendiendo luminosidad, gas y calor”. (Zambrano, 2021, p. 13).

Fuego: es “una rápida reacción química de oxidación de carácter exotérmico (y de luz), autoalimentada, con presencia de un combustible en fase sólida, líquida o gaseosa”. (Condor, 2021, p. 27)

Ignición: es una “condición de calor o temperatura que requiere un líquido o un sólido hasta que se desprenden vapores a una velocidad suficiente para, una vez iniciada la ignición de estos, mantener la llama”. (Zambrano, 2021, p. 14)

Onda de presión: es “el incremento brusco de la presión que se genera en el aire circundante y que se propaga en forma de onda en todas las direcciones libres del espacio”. (Balcázar, 2021, p. 19)

Proyectil: es “cualquier tipo de fragmento sólido que se origina de las inmediaciones de la zona en el que se ha originado una explosión y que esté dotado de gran cantidad de movimientos”. (Balcázar, 2021, p. 19)

Radiación térmica: es “un umbral generalmente el nivel por encima del cual puede existir un peligro para las personas o propiedad, cuando se presenta un incendio o explosión”. (Gálvez, 2020, p. 32)

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de investigación

Cuantitativa:

La metodología es cuantitativa porque se busca recopilar y analizar datos numéricos sobre el riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio. Se utiliza técnicas y herramientas estadísticas para medir y cuantificar el nivel de riesgo, así como para desarrollar un modelo matemático que permita identificar y evaluar el riesgo existente.

Descriptiva:

La metodología es descriptiva debido a que se buscará caracterizar y describir el riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del Sindicato de Choferes de Bolívar. Se recopilarán datos sobre las características de las estaciones de servicio, las ciudadelas cercanas, los materiales inflamables almacenados, las medidas de seguridad existentes y otras variables relevantes para comprender y analizar el riesgo.

Exploratoria:

La metodología es exploratoria para investigar y comprender en mayor profundidad el fenómeno del riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio. Se revisará la literatura existente, se realizarán entrevistas con expertos en gestión de riesgo y se buscará información relevante sobre casos previos de BLEVE y las medidas de prevención implementadas en otras áreas similares. Este enfoque permitirá generar conocimiento y establecer una base sólida para proponer medidas efectivas de reducción de riesgos.

Transversal:

La metodología es transversal debido a que se realizará un estudio en un momento específico sin seguir una línea temporal prolongada. Se recolectarán datos y se llevarán a cabo análisis en un período determinado para evaluar el riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes. Este enfoque permitirá obtener información actualizada y relevante sobre el riesgo existente en ese momento.

3.2. Diseño de investigación**No experimental**

La metodología propuesta es de tipo no experimental debido a que no se realizarán manipulaciones intencionales ni se establecerán condiciones controladas para el estudio del riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del Sindicato de Choferes de Bolívar. En lugar de eso, se llevará a cabo una recopilación y análisis de datos existentes, así como la observación directa de la situación en el campo.

De campo

La metodología es de campo porque se llevó a cabo investigaciones directamente en el lugar de estudio, es decir, en las estaciones de servicio y las ciudadelas circundantes. Se realizarán mediciones in situ, se recopilarán datos de fuentes primarias y se realizarán observaciones directas para obtener información detallada y precisa sobre el riesgo por BLEVE. Esto proporcionará una visión más completa de la situación y permitirá tomar decisiones informadas en cuanto a las medidas de reducción de riesgos a proponer.

3.3. Población y muestra

Para el estudio se consideró como muestra intencional dos estaciones de servicio:

- Estación Sur de Sindicato de Choferes, Guaranda, población de 7812 personas en las zonas aledañas.
- Estación Norte de Sindicato de Choferes, Guaranda, población de 544 personas en zonas aledañas.

3.4. Técnicas y herramientas de recolección de la información

Realizar un modelo matemático para identificar el riesgo por BLEVE en las ciudadelas circundantes a la gasolinera:

- Datos estadísticos: Se espera recopilar datos estadísticos relevantes, como la cantidad de incidentes previos de BLEVE en la zona, la cantidad y tipo de materiales inflamables almacenados en las estaciones de servicio, y la ubicación geográfica de las ciudadelas circundantes.
- Investigación bibliográfica: Se espera revisar la literatura científica y técnica existente sobre modelos matemáticos utilizados para evaluar el riesgo por BLEVE en áreas similares. Esto permitirá identificar y adaptar los modelos adecuados a la situación específica de estudio.

Categorizar el riesgo por BLEVE usando el sistema CCA y el software ALOHA en las ciudades circundantes a la gasolinera:

- Entrevistas: Se espera realizar entrevistas a expertos en gestión de riesgo

y personal especializado en seguridad para recopilar información sobre el sistema CCA (Consequence Clasificación Table) y su aplicación en la categorización del riesgo por BLEVE. Esto proporcionará conocimientos prácticos y ejemplos de su uso.

- **Análisis documental:** Se espera revisar los manuales y guías de uso del software ALOHA para comprender cómo se utiliza esta herramienta en la categorización del riesgo por BLEVE.

3.5. Técnicas de procesamiento de la investigación

El procesamiento de la información levantada se realizará de la siguiente manera:

3.5.1. Software ALOHA

- Se procedió a la recopilación de la información de campo
- Se tomaron los datos del clima y las condiciones de cada uno de los tanques de almacenamiento para cada combustible
- Se introdujo la información en el Software **ALOHA**
- Se generaron los mapas de riesgo térmico

3.5.2. Análisis de Árbol de causas y consecuencias

- Se levantó información sobre las condiciones de seguridad de cada una de las estaciones de servicio
- Se generaron los posibles escenarios de desastre ante BLEVE
- Se evaluaron las posibles secuencias de acontecimientos para cada escenario
- Se analizó e interpretó el resultado.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1. Identificación del riesgo por BLEVE utilizando el software ALOHA en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio

4.1.1. Resultados de estación de Servicio Sur Sindicato de Choferes

**Tabla 1 Datos para la simulación de la Estación de Servicio Sur Sindicato de
Choferes**

Gasolinera sur sindicato de choferes (floresta)	Ubicación: Ecuador, Guaranda
Fecha	17/07/2023
Hora	10:44 am
Velocidad del viento	10 k/h (2.78 m/s)
Dirección del viento	Este (ese)
Elevación del Suelo	2 metros
Rugosidad del terreno	Urbano forestal
Cobertura de Nubes	Parcialmente nublado
Temperatura del Aire	19°C
Clase de estabilidad	D C (Neutral, la velocidad del viento es relativamente fuerte y la radiación solar moderada)
Altura de inmersión	Sin inmersión térmica (sin nieblas persistentes)
COORDENADAS	
Latitud	Longitud
1°34'30.99"S	79° 0'14.75"O
Elevación	2836 m
Nombre químico	Tolueno (gasolina Extra)
Características	El tolueno es un hidrocarburo aromático con la fórmula química C_7H_8 . Es un líquido incoloro, volátil y con un olor característico similar al del benceno. El tolueno puede ser añadido a la gasolina para aumentar su octanaje y mejorar su capacidad antidetonante.
Orientación del tanque	Horizontal
Diámetro del tanque	8 pies = 2.4384 m
Longitud	18.6 pies = 5.67 m
Volumen	7000 gal = 26497.88 L

Estado físico del químico	Líquido
Temperatura dentro del tanque	19° C
Masa del tanque	23,016 kilogramos
% del tanque lleno	98 %
Tipo de falla del tanque	Bleve
Porcentaje de la masa en la bola de fuego	100%

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

Desde una perspectiva meteorológica, es crucial señalar que un viento de 10 k/h, soplando desde el este, tiene el potencial de dispersar vapores rápidamente y propagar llamas en caso de un incidente. La elevación del suelo, de unos 2 metros, junto con la característica "urbano forestal" del terreno, sugiere que hay una combinación de estructuras y áreas verdes. Esto podría afectar tanto la velocidad como la dirección de la propagación en caso de un incendio o explosión. Por otro lado, las condiciones de "parcialmente nublado" y una temperatura de 19°C pueden influir en la velocidad de evaporación de cualquier químico derramado.

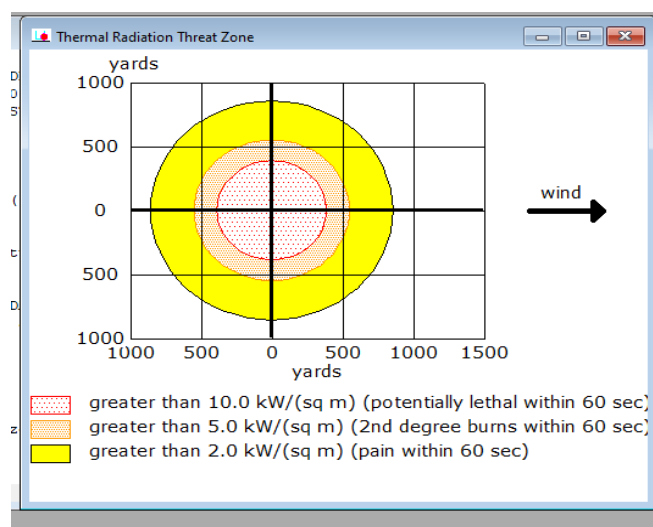
En cuanto a las condiciones atmosféricas, la clasificación de estabilidad "D C" indica que el ambiente es neutral. Esto, combinado con vientos relativamente fuertes y una radiación solar moderada, tiene implicaciones directas sobre cómo se dispersarían los vapores y cómo las llamas se propagarían.

El corazón de este análisis es el tanque que almacena el tolueno, un componente inflamable común de la gasolina. Su orientación horizontal, junto con sus dimensiones de 8 pies de diámetro y 18.6 pies de longitud, nos da una idea de la magnitud potencial de un BLEVE. Es especialmente preocupante que el tanque estuviera lleno en un 98% en el momento del estudio, lo que indica un riesgo significativo si se produjera un fallo. La temperatura del tolueno dentro del tanque coincidía con la temperatura ambiental,

un detalle que debe vigilarse constantemente para evitar que se acerque al punto de inflamación del químico.

Por último, el hecho de que el tanque, en caso de un BLEVE, implicaría un 100% de la masa en una explosión destaca la gravedad de la situación. Esta información subraya la necesidad de implementar protocolos de seguridad sólidos y medidas preventivas para garantizar la seguridad de la gasolinera y las áreas circundantes. Es vital que se tomen acciones proactivas para reducir cualquier riesgo potencial y proteger a la comunidad local.

Figura 1: Zona de Radiación Térmica - 7000 galones Extra. Gasolinera Sur Sindicato de Choferes



Nota: Modelado de amenaza: radiación térmica de bola de fuego. Rojo: mayor de (10.0 kW/(m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: mayor de (5.0 kW/(m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: 60 s mayor de 2.0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

La Figura 1 proporciona una visualización alarmante de la amenaza potencial que representa un BLEVE en la Gasolinera Sur del Sindicato de Choferes. Esta representación gráfica, centrada en la radiación térmica de una bola de fuego de un tanque de 7000 galones de gasolina Extra, demarca las áreas afectadas y la intensidad de la radiación térmica en distintas zonas.

La zona roja indica la región más peligrosa, donde la radiación térmica es superior a 10.0 kW/m^2 . A esta intensidad, es potencialmente letal para cualquier individuo expuesto durante un período de 60 segundos. Esta región debe considerarse como la más crítica y, por lo tanto, la más prioritaria en términos de implementación de medidas de seguridad y prevención.

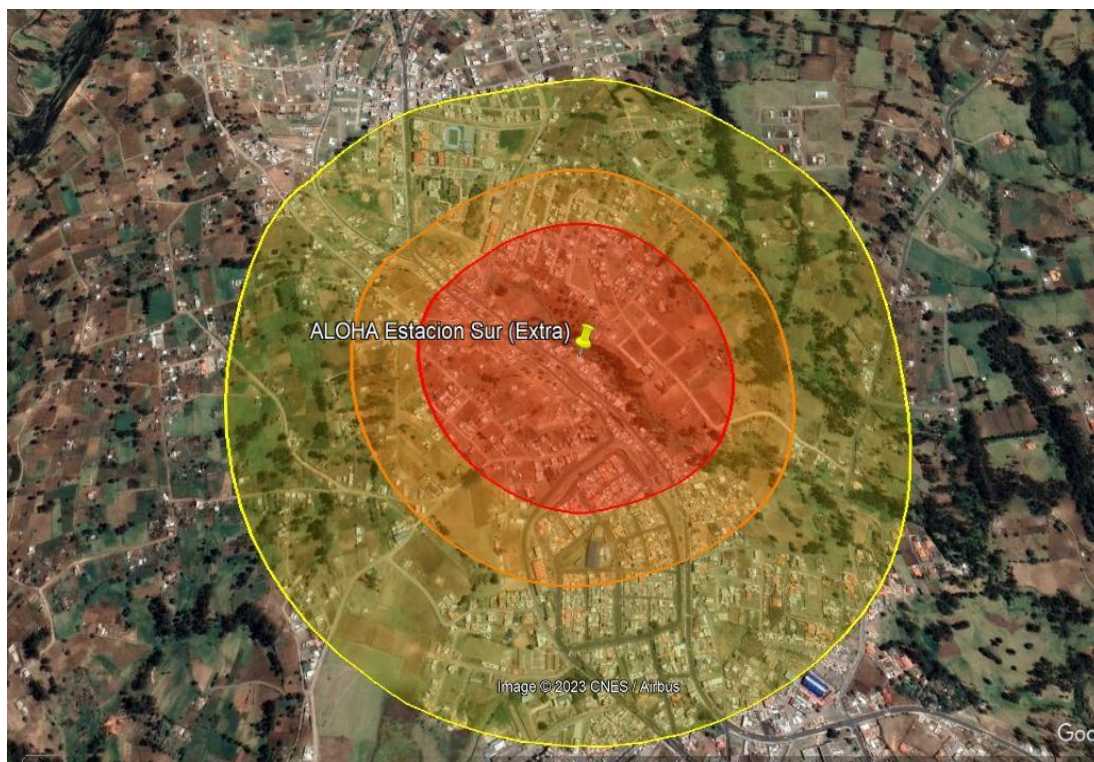
Le sigue la zona naranja, con una radiación térmica superior a 5.0 kW/m^2 . Aquí, aunque puede no ser inmediatamente letal, cualquier individuo expuesto podría sufrir quemaduras de segundo grado en un minuto. Las quemaduras de segundo grado pueden ser extremadamente dolorosas y dañinas, lo que subraya la necesidad de protección y prevención adecuadas en estas áreas.

Finalmente, la zona amarilla indica una radiación térmica que supera los 2.0 kW/m^2 . Si bien esta intensidad puede no causar daño inmediato y visible a la piel, puede generar dolor en un individuo expuesto durante 60 segundos.

Este modelado resalta la magnitud del riesgo que representa un BLEVE en el lugar y la necesidad urgente de medidas de prevención y protocolos de emergencia. Es esencial que las áreas marcadas en rojo y naranja estén, en la medida de lo posible, libres de ocupación, y que se establezcan sistemas de alarma y evacuación eficientes

para proteger a las personas que puedan encontrarse en estas zonas en caso de un desastre.

Figura 2: Zona de amenaza para Tolueno en la Gasolinera Sur Sindicato de choferes



Nota: Hora: Punto de origen ALOHA v17 de Julio de 2023 1044 horas. Nombre químico: TOLUENO. Viento: 2,78 metros/segundo desde ESE a 3 metros
ZONA DE AMENAZA: Rojo: (343.8m) --- (10,0 kW/(m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: (487.4m) --- (5,0 kW/(m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: (760.8m) --- (2,0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

La Gasolinera Sur del Sindicato de Choferes, ubicada en Ecuador, Guaranda, representa una situación de riesgo potencial debido a la amenaza de un BLEVE (Explosión por vaporización de líquidos hirvientes) relacionada con el tolueno, componente de la gasolina Extra que almacenan.

La Figura 2 nos presenta una visualización clara de las zonas de amenaza basadas en la radiación térmica derivada de una posible explosión. En el núcleo de esta amenaza, dentro de las 343.8m desde el epicentro, la zona se ilustra en rojo, señalando un riesgo extremadamente alto. Aquí, la radiación térmica supera los 10.0 kW/m^2 , y cualquier exposición puede ser potencialmente letal en apenas 60 segundos. Esta área requiere la máxima atención y es crucial evitar cualquier presencia humana durante situaciones de riesgo.

Más allá de esta zona, hasta las 487.2 m, la amenaza, aunque ligeramente reducida, sigue siendo muy seria. Representada en naranja, esta zona indica un nivel de radiación térmica que podría causar quemaduras de segundo grado tras una exposición de un minuto. Es una clara señal de que, aunque la letalidad inmediata puede haber disminuido, las lesiones pueden ser graves.

La zona amarilla se extiende hasta las 760.8 m y, aunque representa un riesgo menor en comparación con las zonas roja y naranja, sigue siendo peligrosa. Aquí, las personas pueden experimentar dolor tras una exposición de 60 segundos debido a una radiación térmica superior a 2.0 kW/m^2 .

Tabla 2 Datos del Pool Fire-Gasolinera Sur Sindicato de Choferes

Gasolinera sur sindicato de choferes (floresta)	Ubicación: Ecuador, Guaranda
Fecha	17/07/2023 (día de la salida de campo)
Hora	10:44 am
Velocidad del viento	10 k/h (2.78 m/s)
Dirección del viento	Este (ese)
Elevación del Suelo	3 metros
Rugosidad del terreno	Urbano forestal
Cobertura de Nubes	Parcialmente nublado
Temperatura	19°C
Clase de estabilidad	D C (Neutral, la velocidad del viento es relativamente fuerte y la radiación solar moderada)
Altura de inmersión	Sin inmersión térmica (sin nieblas persistentes)
COORDENADAS	
Latitud	Longitud
1°34'30.95"S	79° 00'14.77"O
Elevación	2836 m
Nombre químico	Tolueno (gasolina Extra)
Orientación del tanque	Horizontal
Diámetro del tanque	8 pies = 2.4384 m
Longitud	18.6 pies =5.67 m
Volumen	7000 gal =26497.88 L
Estado físico del químico	Líquido
Temperatura dentro del tanque	19° C
Masa del tanque	20,715 kilogramos
% del tanque lleno	90 %
Tipo de falla del tanque	POOL FIRE
Apertura	Circular
Diámetro de abertura	50 cm
La fuga es	Agujero
El fondo de la fuga es por encima del tanque	1.5 pies
Aérea Máxima del charco	Desconocido

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

Ubicada en Guaranda, Ecuador, la Gasolinera Sur Sindicato de Choferes enfrenta un potencial riesgo de un "Pool Fire" (incendio superficial) debido al tolueno almacenado, un componente de la gasolina Extra. Según los datos registrados el 17 de julio de 2023 a las 10:44 am, las condiciones meteorológicas mostraban un viento con

velocidad de 2.78 m/s, soplando desde el este. El ambiente estaba parcialmente nublado con una temperatura del aire de 19°C. El entorno, clasificado entre estabilidad D a C, señala una combinación de un viento relativamente fuerte y una radiación solar moderada, condiciones que influirán en la dispersión del tolueno en caso de un derrame.

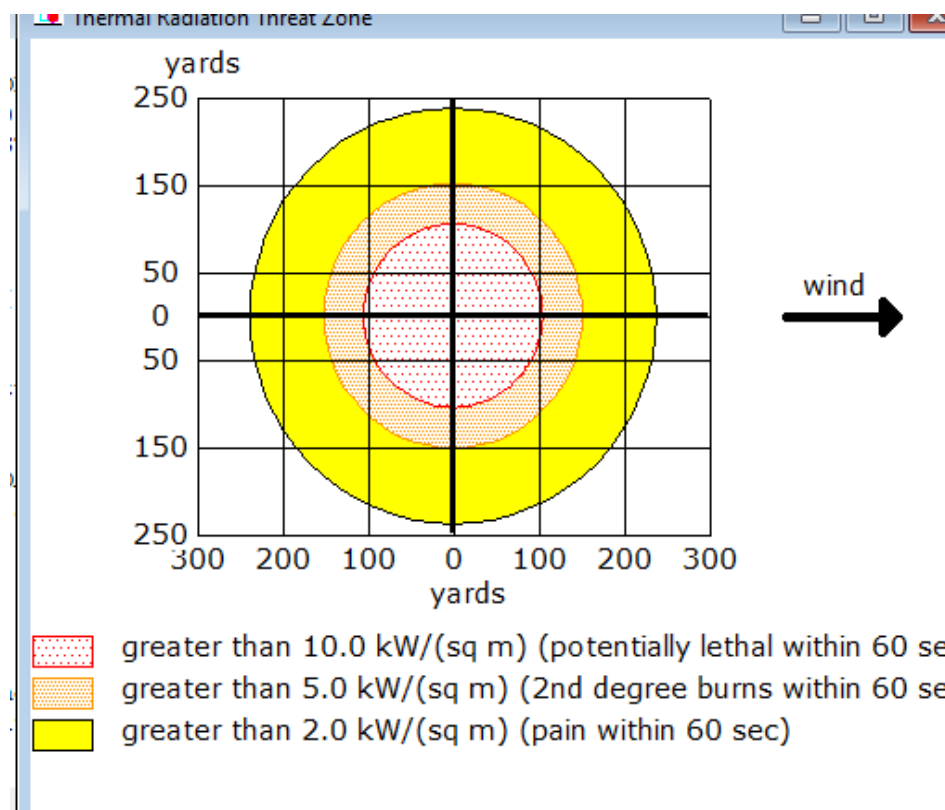
El tanque destinado a almacenar el tolueno es de orientación horizontal, con dimensiones de 8 pies de diámetro y 18.6 pies de longitud. Con una capacidad para albergar 7000 galones, en el momento de la inspección, estaba al 90% de su capacidad, lo que se traduce en 20,715 kilogramos de tolueno. El tipo de falla identificada, "Pool Fire", sugiere un escenario donde, en caso de derrame, el fuego se propagaría sobre el charco formado por el líquido derramado.

El diseño del tanque revela una apertura circular de 50 cm de diámetro. La fuga se describe como un agujero y, preocupantemente, se encuentra a 1.5 pies por encima del fondo del tanque. Esto podría conducir a un derrame gravitacional del tolueno, abarcando potencialmente un área considerable.

Para prevenir un posible incendio superficial, sería vital considerar la instalación de barreras alrededor del tanque, conteniendo así cualquier derrame inmediato. Además, la implementación de sistemas de detección precoz junto con sistemas de supresión automática, como rociadores, podría mitigar los efectos de un incendio. Es igualmente crucial llevar a cabo revisiones regulares del tanque para garantizar su integridad. Por último, pero no menos importante, el personal debe recibir capacitación adecuada sobre cómo manejar situaciones de emergencia relacionadas con derrames y fuegos superficiales. Con la implementación de estas medidas, el riesgo

asociado con un "Pool Fire" en la Gasolinera Sur Sindicato de Choferes podría reducirse significativamente.

Figura 3: Zona de amenaza de radiación térmica en la Pool Fire-Gasolinera Sur Sindicato de Choferes 700 galones Extra



Nota: Modelado de amenaza: Tanque con fugas, el producto se está quemando y forma un charco de fuego. Rojo: superior ($10.0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$) = potencialmente letal en 60 segundos).

Naranja: a ($5.0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: más de $2.0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$ = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

La figura 3 ilustra las zonas de amenaza de radiación térmica asociadas con un Pool Fire (incendio superficial) en la Gasolinera Sur Sindicato de Choferes, relacionado específicamente con un derrame de 700 galones de gasolina Extra que resulta en un

charco de fuego. Dicha representación se basa en un escenario en el que el tanque sufre una fuga y, al encontrarse con una fuente de ignición, el producto derramado se incendia formando un charco de fuego.

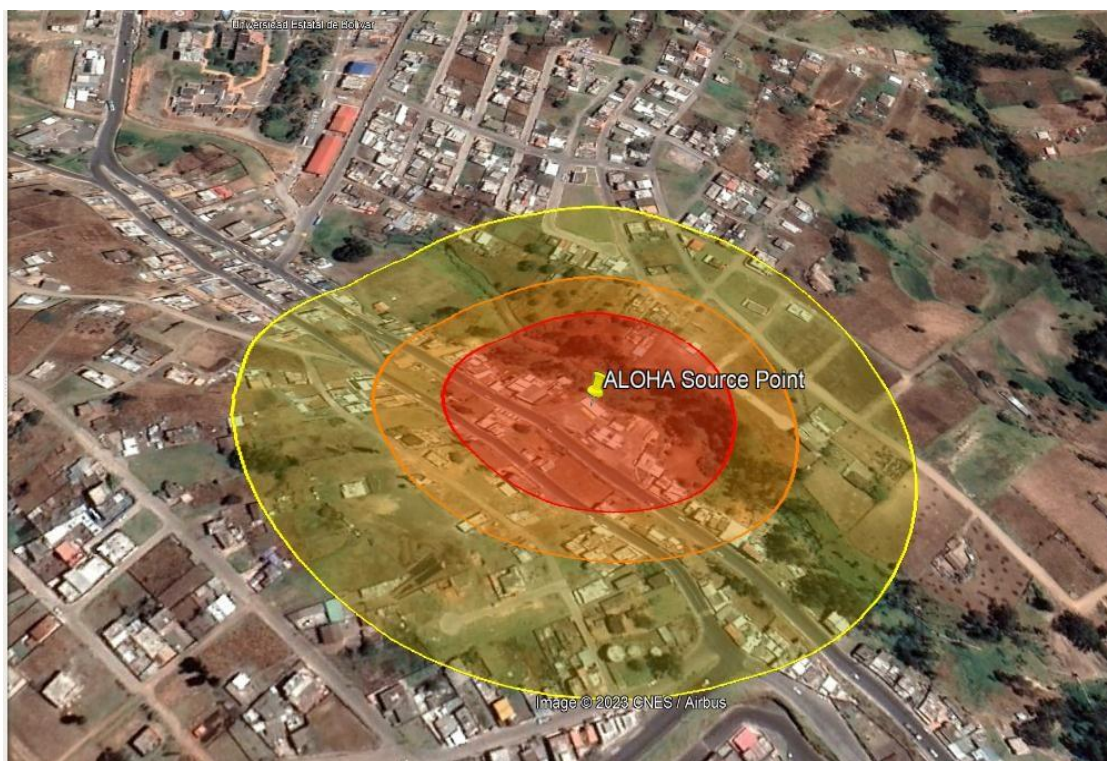
La zona demarcada en rojo indica una intensidad de radiación térmica superior a 10.0 kW/m^2 . A esta intensidad, la exposición puede ser potencialmente letal en un período tan corto como 60 segundos. Es esencial que las personas y las infraestructuras sensibles se mantengan alejadas de esta área en caso de un incidente de este tipo.

La región naranja representa una intensidad de radiación térmica que se acerca a 5.0 kW/m^2 . Aunque menos letal que la zona roja, la exposición en esta región puede causar quemaduras de segundo grado en solo 60 segundos. Es una señal de advertencia clara de la necesidad de evacuación inmediata y de la toma de medidas preventivas.

Por último, la zona amarilla muestra áreas con una intensidad de radiación térmica superior a 2.0 kW/m^2 . Aunque la exposición a esta intensidad puede no causar daños graves de inmediato, aún puede causar dolor en 60 segundos. Las personas presentes en esta área deben ser conscientes del peligro y actuar con cautela.

La delimitación de estas zonas enfatiza la importancia de tener protocolos de respuesta efectivos en caso de incidentes relacionados con incendios superficiales. Las medidas preventivas, la capacitación y el equipamiento adecuado son esenciales para garantizar la seguridad en áreas cercanas a instalaciones con productos inflamables.

Figura 4: Zona de amenaza Pool Fire Gasolinera Sur Sindicato de Choferes



Nota: Punto de ALOHA: Hora: 7 de agosto de 2023 1404 horas GM

Nombre químico: TOLUENO, Viento: 2,78 metros/segundo desde ESE a 3 metros

ZONA DE AMENAZA: Rojo: (96.01m) --- (10,0 kW/(m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: (138.98m) --- (5,0 kW/(m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: (218.5m) --- (2,0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

Las condiciones del ambiente en ese momento presentaban un viento con velocidad de 2.78 m/s, soplando desde el este. Además, la evaluación ambiental señaló una rugosidad del terreno de tipo urbano forestal y una cobertura de nubes parcial. La temperatura del aire se encontraba a unos 19°C, con una elevación del suelo de 3 metros y sin ningún tipo de inmersión térmica, es decir, sin presencia de nieblas persistentes.

La simulación se centró específicamente en un tanque horizontal, cuyas dimensiones alcanzan los 8 pies de diámetro y 18.6 pies de longitud, siendo su capacidad de 7000 galones. Este tanque, destinado a albergar tolueno (un componente de la gasolina Extra), estaba al 90% de su capacidad en el momento del estudio, con un peso total del contenido de 20,715 kilogramos. La temperatura interior del tanque se mantenía igual a la del ambiente, es decir, 19°C.

Lo que es especialmente preocupante es el tipo de falla modelada: un Pool Fire. Esta situación se refiere a un incendio superficial que ocurre cuando un líquido inflamable se derrama y forma un charco que, posteriormente, se incendia. En este escenario, la fuga se originaría a través de un agujero de 50 cm de diámetro, situado a 1.5 pies por encima del fondo del tanque.

La Figura 3 ilustra la amenaza que este tipo de incendio supondría. En un evento real, las zonas marcadas en rojo indicarían áreas donde la radiación térmica excedería los 10 kW/m², lo que sería potencialmente letal en tan solo un minuto. Las zonas en naranja y amarillo, con 5 kW/m² y 2 kW/m² respectivamente, también representan grados significativos de peligro, causando desde quemaduras severas hasta dolor al exponerse durante 60 segundos.

Finalmente, la Figura 4 proporciona una representación visual más detallada de estas zonas de amenaza. Es esencial que la gasolinera, así como las autoridades locales, tomen estas simulaciones en serio y establezcan medidas preventivas para proteger tanto al personal como a la comunidad circundante.

Tabla 3 Datos Gasolina Super del Sindicato de Choferes Sur

Gasolinera sur sindicato de choferes (floresta)	Ubicación: Ecuador, Guaranda
Fecha	7/08/2023
Hora	10:44 am
Velocidad del viento	13 k/h (3.6 m/s)
Dirección del viento	Este (ese)
Elevación del Suelo	3 metros
Rugosidad del terreno	Urbano forestal
Cobertura de Nubes	Nublado
Temperatura	17°C
Clase de estabilidad	D C (Neutral, la velocidad del viento es relativamente fuerte y la radiación solar moderada)
Altura de inmersión	Sin inmersión térmica (sin nieblas persistentes)
COORDENADAS	
Latitud	Longitud
1°34'30.99"S	79° 0'14.75"O
Elevación	2836 m
Nombre químico	Tolueno (gasolina Super)
Orientación del tanque	Horizontal
Diámetro del tanque	8 pies = 2.4384 m
Longitud	18.6 pies =5.67 m
Volumen	7000 gal =26497.88 L
Estado físico del químico	Líquido
Temperatura dentro del tanque	17° C
Masa del tanque	18,462 kilogramos
% del tanque lleno	80 %
Tipo de falla del tanque	Bleve
Porcentaje de la masa en la bola de fuego	100%

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

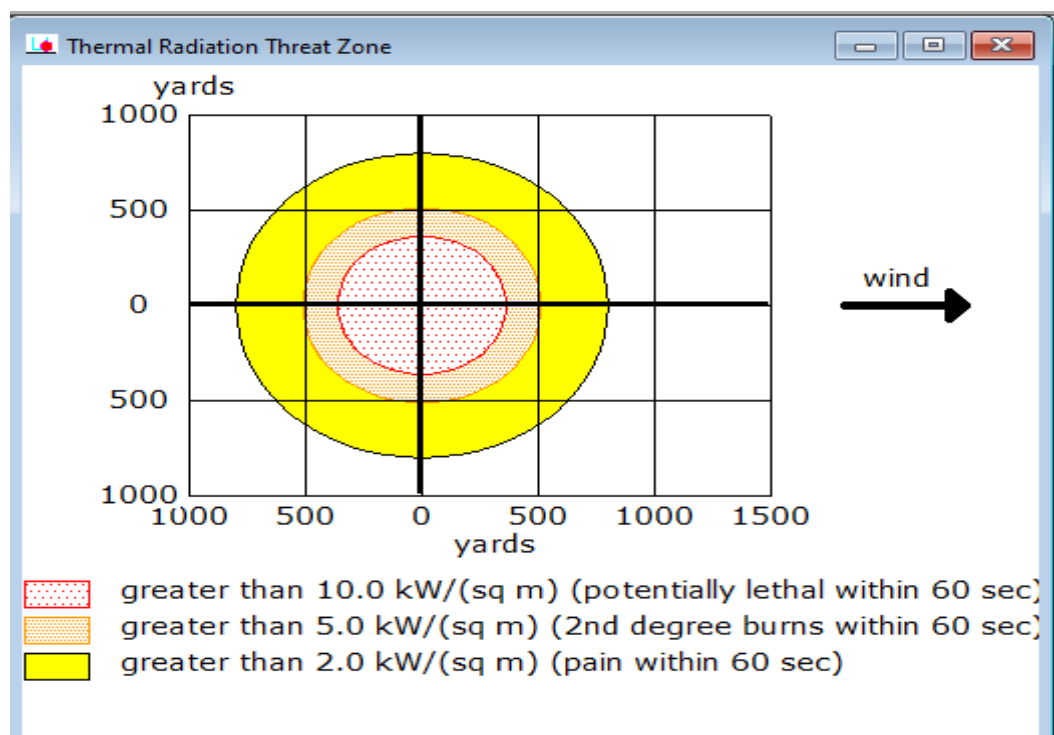
El día presentaba una velocidad de viento de 3.6 m/s dirigiéndose hacia el este. Con un entorno caracterizado por su rugosidad de tipo urbano forestal, el cielo estaba nublado. A una elevación de 3 metros sobre el nivel del suelo y a una temperatura ambiental de 17°C, no se detectó inmersión térmica, lo que significa que no había nieblas que pudieran influir en el comportamiento de los gases.

El foco de la observación fue un tanque que contenía tolueno, componente de la gasolina Super. Este tanque, de orientación horizontal, mide 8 pies de diámetro y 18.61 pies de longitud, teniendo una capacidad total de 7000 galones. En el momento del análisis, el tanque contenía el 80% de su capacidad, equivalente a 18,462 kilogramos. La temperatura dentro del tanque coincidía con la temperatura ambiental, siendo de 17°C.

El aspecto más crítico de este análisis es la identificación del tipo de falla que podría experimentar el tanque, específicamente, un Bleve Este es un tipo de explosión que puede ocurrir cuando un recipiente contenedor de líquido presurizado se rompe y el contenido se evapora rápidamente, causando una explosión. En este caso, si tal evento tuviera lugar, se estima que el 100% de la masa del químico estaría involucrado en la bola de fuego resultante.

Dada la gravedad potencial de un BLEVE, es esencial considerar todas las medidas preventivas necesarias y garantizar que el tanque y sus alrededores sean mantenidos y monitoreados adecuadamente para minimizar cualquier riesgo para la comunidad y el entorno circundante.

Figura 5: Zona de amenaza de radiación térmica para 700 galones Gasolina Super.



Nota: Modelado de amenaza: radiación térmica de bola de fuego. Rojo: mayor de (10.0 kW/(m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: mayor de (5.0 kW/(m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: 60 s mayor de 2.0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023
Fuente: Aplicación del software ALOHA

Los datos recopilados en la Tabla 3, del 7 de agosto de 2023, señalan que el tanque, orientado horizontalmente, tiene un diámetro de 8 pies y una longitud de 18.61 pies, conteniendo un total de 7000 galones de tolueno, un componente de la Gasolina Super. La masa total del tanque es de 18,462 kilogramos, y en el momento de la evaluación, se encontraba lleno al 80%. Es importante subrayar que, en caso de un fallo catastrófico, se estima que el 100% de la masa estaría involucrado en la bola de fuego.

La Figura 5, por su parte, ofrece una representación visual de las zonas de amenaza por radiación térmica. Esta se divide en tres áreas clave, dependiendo de la intensidad de la radiación:

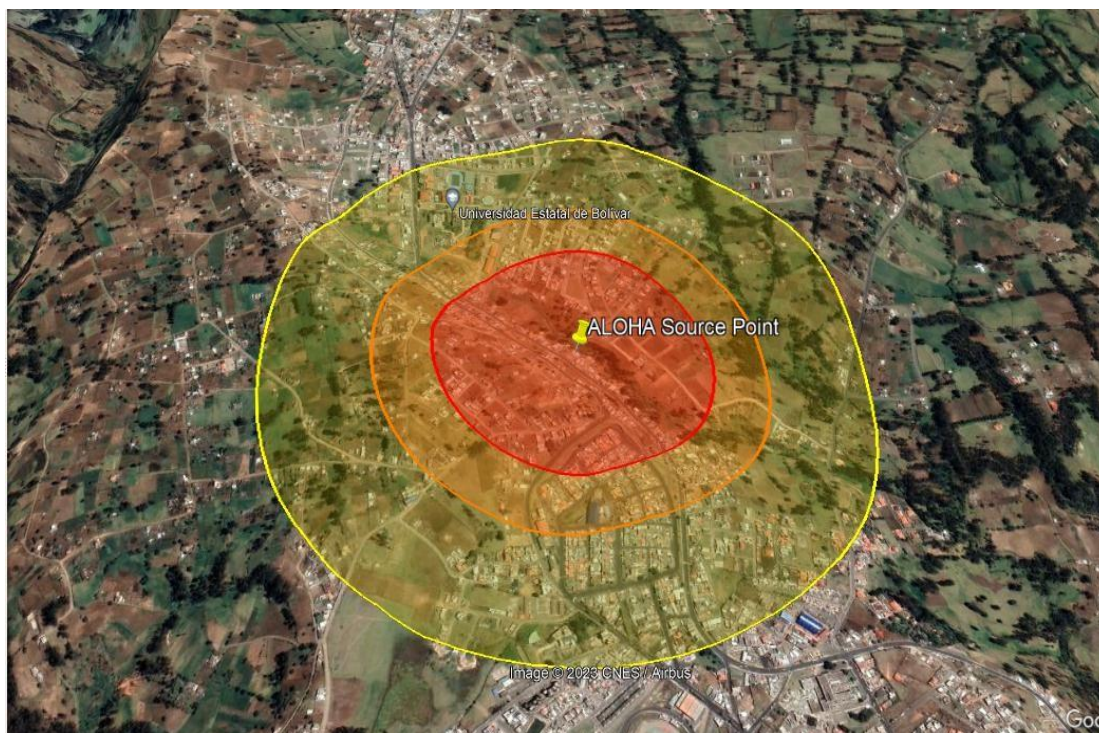
La Zona Roja destaca áreas donde la radiación supera los 10.0 kW/m^2 , lo que se traduce en un riesgo potencialmente letal en tan solo 60 segundos de exposición.

La Zona Naranja, con una radiación superior a 5.0 kW/m^2 , es menos intensa pero aún puede causar quemaduras de segundo grado en el mismo lapso de tiempo.

Finalmente, la Zona Amarilla, con una radiación que supera los 2.0 kW/m^2 , aunque no es inmediatamente dañina, puede causar dolor en una exposición de 60 segundos.

El análisis de estas zonas es esencial para la implementación de medidas de seguridad, la designación de rutas de evacuación y la toma de decisiones en la gestión de emergencias. Es vital que las comunidades cercanas y las entidades responsables estén conscientes de estos riesgos y trabajen conjuntamente para minimizar cualquier peligro asociado.

Figura 6: Zona de amenaza para Gasolina Super Gasolinera Sindicato de Choferes Sur



Nota: Punto de origen ALOHA: Hora: 7 de agosto de 2023 1513 horas. Nombre químico: TOLUENO. Viento: 3,6 metros/segundo desde ESE a 3 metros
ZONA DE AMENAZA: Rojo: (331.01m) --- (10,0 kW/(m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: (469.08m) --- (5,0 kW/(m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: 732 m--- (2,0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

La Figura 6 representa un desglose de las zonas de amenaza en la Gasolinera Sindicato de Choferes Sur, relacionado específicamente con el almacenamiento de Gasolina Super, cuyo principal componente químico es el tolueno. Esta evaluación fue realizada el 7 de agosto de 2023, a las 15:13 horas, con datos originados desde el software ALOHA, una herramienta especializada en modelar la dispersión de agentes químicos.

El análisis toma en cuenta las condiciones meteorológicas del día, especialmente la dirección y velocidad del viento, que soplaba desde el ESE a 3.6 metros por segundo. Estos factores son fundamentales para entender la posible dispersión y dirección de una potencial explosión o liberación del químico.

La Zona Roja representa el área con la mayor intensidad de radiación, alcanzando más de 10.0 kW/m². Aquellos que se encuentren dentro de un radio de 331.01 m del punto de origen estarían expuestos a condiciones potencialmente letales en menos de un minuto.

La Zona Naranja, que se extiende hasta las 469.08 m desde el punto de origen, es ligeramente menos intensa, pero aún lo suficientemente potente como para causar quemaduras de segundo grado en 60 segundos con valores superiores a 5.0 kW/m².

Más alejada, pero aún dentro de un área de precaución, se encuentra la Zona Amarilla, que abarca hasta las 732 m. En esta región, los niveles de radiación, que superan los 2.0 kW/m², podrían causar dolor en caso de exposición durante un minuto.

Este tipo de mapeo es crucial para establecer protocolos de seguridad y planes de evacuación para la comunidad circundante y los trabajadores de la gasolinera, garantizando que, en caso de un incidente, las respuestas sean rápidas y efectivas para minimizar cualquier daño.

Tabla 4 Datos de Gasolinera Sur Sindicato de Choferes Diesel

Gasolinera sur sindicato de choferes (floresta)	Ubicación: Ecuador, Guaranda
Fecha	29/07/2023
Hora	16:27 PM
Velocidad del viento	13 k/h (3.6 m/s)
Dirección del viento	Este (ese)
Elevación del Suelo	3 metros
Rugosidad del terreno	Urbano forestal
Cobertura de Nubes	Soleado
Temperatura	21°C
Clase de estabilidad	C (Neutral, la velocidad del viento es relativamente fuerte y la radiación solar moderada)
Altura de inmersión	Sin inmersión térmica (sin nieblas persistentes)
COORDENADAS	
Latitud	Longitud
1°34'30.99"S	79° 0'14.75"O
Elevación	2836 m
Nombre químico	N Pentano (Diesel)
Características	El Diesel está compuesto principalmente por hidrocarburos saturados (parafinas) y aromáticos. Su composición química puede variar según el proceso de refinación y el crudo del que provenga, pero típicamente está compuesto por cadenas de carbono que oscilan entre 8 y 21 átomos de carbono.
Orientación del tanque	Horizontal
Diámetro del tanque	8 pies = 2.4384 m
Longitud	18.6 pies =5.67 m
Volumen	7000 gal =26497.88 L
Estado físico del químico	Líquido
Temperatura dentro del tanque	21° C
Masa del tanque	14,922 kilogramos
% del tanque lleno	90 %
Tipo de falla del tanque	Bleve
Porcentaje de la masa en la bola de fuego	80%

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

Durante la evaluación, las condiciones meteorológicas se consideraron moderadas y estables. Con una temperatura ambiente de 21°C y una velocidad del viento de 13 km/h proveniente del este, el ambiente se clasificó como neutral (Clase

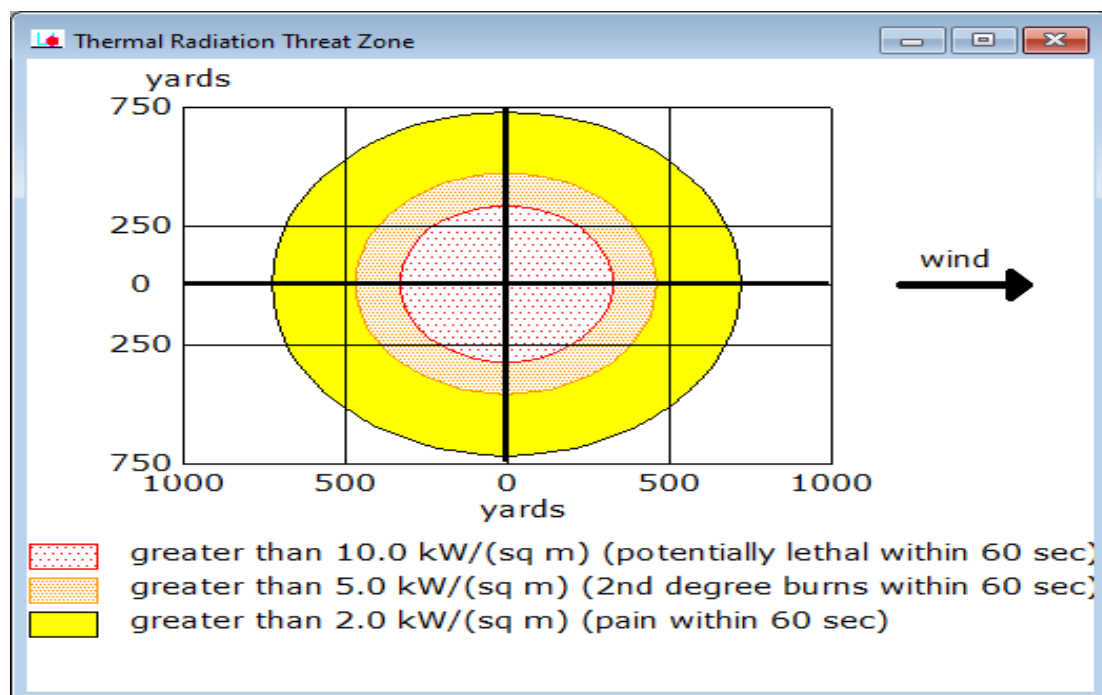
C), lo cual indica que no había extremos de inestabilidad atmosférica o niebla persistente.

En cuanto a las especificaciones del tanque de almacenamiento, este está diseñado horizontalmente y posee una capacidad volumétrica considerable de 7000 galones. En el momento de la inspección, el tanque estaba al 90% de su capacidad, lo cual equivale a una masa de 14,922 kilogramos de Diesel. Este combustible está compuesto predominantemente por hidrocarburos saturados y aromáticos, con cadenas de carbono que varían entre 8 y 21 átomos.

El análisis también destacó un riesgo significativo: el potencial de una explosión BLEVE (Explosión de Vapor de Líquido en Ebullición y Expansión). En caso de tal incidente, se estima que hasta el 80% de la masa del contenido del tanque podría involucrarse en una bola de fuego, subrayando la gravedad del riesgo y la necesidad de protocolos de seguridad y emergencia sólidos y efectivos.

Por lo tanto, esta evaluación enfatiza la importancia de mantener y actualizar continuamente las medidas de seguridad y los protocolos de emergencia, así como de asegurar que tanto el personal de la gasolinera como la comunidad circundante estén bien informados y preparados para actuar de manera eficiente y efectiva en caso de una emergencia. Además, la vigilancia constante y la adaptación a las condiciones ambientales y otros factores de riesgo son cruciales para minimizar la probabilidad de un incidente peligroso.

Figura 7: Zona de amenaza de radiación térmica 6234 galones Diesel Gasolinera Sur Sindicato de Choferes



Nota: Modelado de amenaza: radiación térmica de bola de fuego. Rojo: mayor de (10.0 kW / (m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: mayor de (5.0 kW / (m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: 60 s mayor de 2.0 kW / (m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

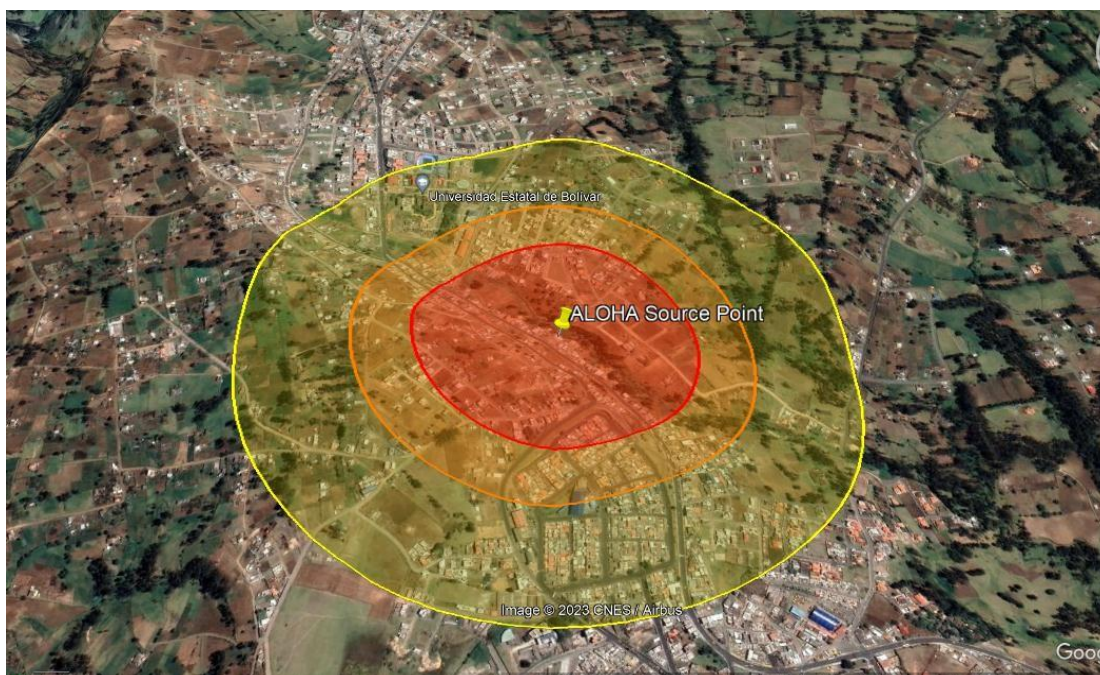
Desde un punto de vista ambiental, la gasolinera se encuentra en un lugar caracterizado por condiciones climáticas específicas. El día de toma de muestra se identificó una temperatura de 21°C. Este dato es esencial ya que la temperatura puede influir en la evaporación y comportamiento del diésel. Además, el viento, proveniente del este (ESE) a una velocidad de 13 k/h (3.6 m/s), es un factor crucial al considerar posibles derrames o fugas, ya que podría dispersar rápidamente los vapores o el propio

líquido. La clasificación de la estabilidad atmosférica como "Neutral" indica que el día presentaba condiciones medias, sin extremos de calma o agitación.

Respecto al almacenamiento del diésel, se destaca que el tanque que lo contiene está dispuesto horizontalmente. Con dimensiones considerables, específicamente un diámetro de 8 pies y una longitud de 18.61 pies, es capaz de albergar hasta 7000 galones. En el momento de la revisión, el tanque estaba lleno en un 90%, lo que indica una alta demanda y rotación del producto. Es importante mencionar que el diésel se mantenía a una temperatura de 21°C, coincidente con la temperatura ambiental.

Sin embargo, lo más relevante de esta evaluación es el riesgo asociado al tipo de falla potencial del tanque. Un "Bleve", o explosión de vapor de líquido en ebullición en expansión, es un evento altamente destructivo. Si esto llegara a ocurrir, se estima que hasta el 80% del contenido del tanque, o sea, una gran cantidad de diésel, se vería envuelto en una bola de fuego. Este dato subraya la importancia de contar con medidas de seguridad robustas y protocolos de emergencia en la gasolinera para proteger tanto a los trabajadores como a las comunidades cercanas.

Figura 8: Zona de amenaza Gasolinera Sur Sindicato de Choferes Diesel



*Nota: Punto de origen ALOHA. Hora: 29 de Julio de 2023 1632 horas Gm
 Nombre químico: N-PENTANO. Viento: 3,6 metros/segundo desde ESE a 3 metros
 ZONA DE AMENAZA: Rojo: (300.83m) --- (10,0 kW/(m²) = potencialmente letal en
 60 segundos). Naranja: (425.19m) --- (5,0 kW/(m²) = quemaduras de segundo
 grado en 60 segundos). Amarillo: (662.94m) --- (2,0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos)
 Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023
 Fuente: Aplicación del software ALOHA*

Uno de los factores más influyentes en este análisis es el viento. Con una dirección proveniente del Este (ESE) y una velocidad de 3,6 metros/segundo, este elemento juega un papel esencial en la diseminación de posibles vapores tóxicos o líquidos en caso de una fuga o incidente.

Las zonas de amenaza se categorizan en tres niveles de acuerdo a la gravedad de la radiación térmica:

Zona Roja: Representa el nivel de mayor peligro. Abarca un radio de hasta 300.83 m desde el punto de origen. En esta área, la radiación térmica puede alcanzar

los $10,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$. Esto significa que, en un lapso de 60 segundos, la exposición puede resultar letal. Es imperativo que tanto personas como infraestructuras eviten permanecer o situarse en esta zona para minimizar riesgos.

Zona Naranja: Esta se extiende hasta las 425.19 m y, aunque no es tan peligrosa como la zona roja, sigue siendo de considerable riesgo. La radiación térmica en este rango llega a los $5,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$. Las personas expuestas a esta radiación pueden sufrir quemaduras de segundo grado en un minuto. Es esencial que, en caso de un incidente, las personas busquen refugio y se alejen de esta área lo antes posible.

Zona Amarilla: Aunque es la de menor riesgo, se extiende hasta las 662.94 m y sigue siendo motivo de preocupación. Con una radiación térmica de $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$, las personas en esta área sentirían dolor en aproximadamente 60 segundos. Es una señal de alerta para evacuar y alejarse de la zona.

En general, es de suma importancia que tanto la administración de la gasolinera como las autoridades pertinentes estén al tanto de estas zonas de amenaza. La prevención y planificación adecuada son cruciales para garantizar la seguridad de las personas y propiedades circundantes.

4.1.2. Resultados de la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes

Tabla 5 Datos de la Estación de Servicio Norte Sindicato de Choferes Gasolina

Extra

Gasolinera Norte sindicato de choferes (floresta)	Ubicación: Ecuador, Guaranda
Fecha	17/07/2023
Hora	16:33 am
Velocidad del viento	10 k/h (2.78 m/s)
Dirección del viento	Este (ese)
Elevación del Suelo	2 metros
Rugosidad del terreno	Urbano forestal
Cobertura de Nubes	Parcialmente nublado
Temperatura	19°C
Clase de estabilidad	D C (Neutral, la velocidad del viento es relativamente fuerte y la radiación solar moderada)
Altura de inmersión	Sin inmersión térmica (sin nieblas persistentes)
COORDENADAS	
Latitud	Longitud
1°36'53.63"S	79° 0'14.76"O
Elevación	2836 m
Orientación del tanque	Horizontal
Diámetro del tanque	8 pies = 2.4384 m
Longitud	18.6 pies =5.67 m
Volumen	7000 gal =26497.88 L
Estado físico del químico	Líquido
Temperatura dentro del tanque	19° C
Masa del tanque	23,016 kilogramos
% del tanque lleno	98 %
Tipo de falla del tanque	Bleve
Porcentaje de la masa en la bola de fuego	100%

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

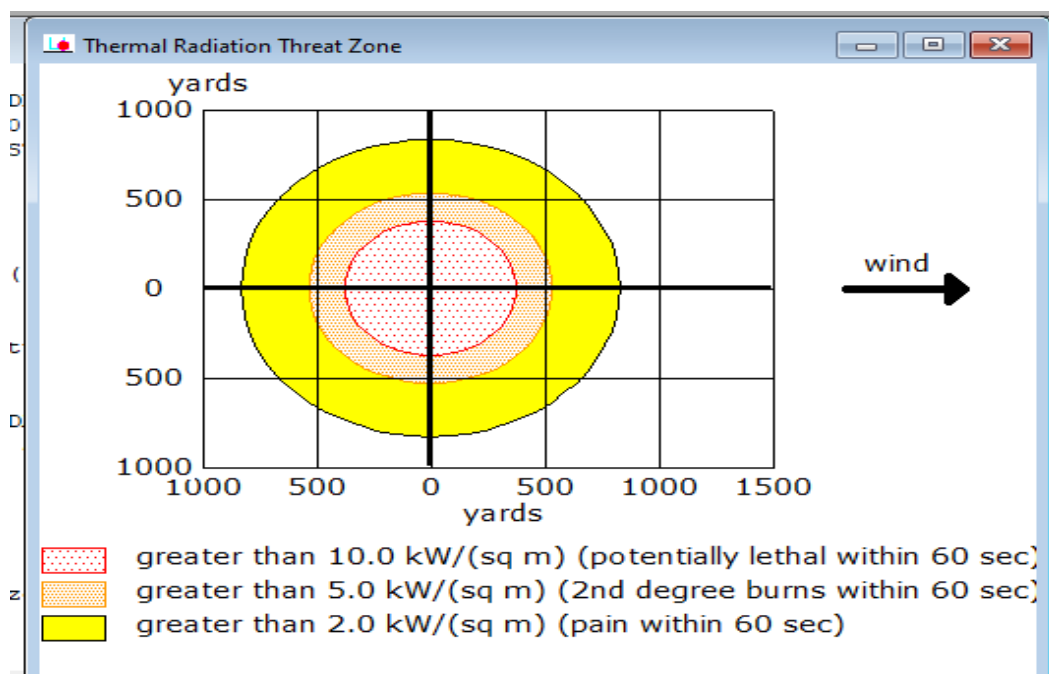
Uno de los factores clave de este análisis es la dirección y velocidad del viento. Proveniente del Este (ESE) con una velocidad de 2.78 m/s, el viento es determinante en la dispersión de vapores tóxicos o de líquidos en caso de una fuga o accidente. Además, la zona se describe como "urbano forestal", lo que podría influir en la dispersión y potencial acumulación de estos vapores.

Las características específicas del tanque también son vitales para comprender la magnitud de un posible incidente. El tanque tiene una orientación horizontal con un volumen de 7000 galones. Está casi lleno al 98%, lo que indica la presencia de una cantidad significativa de gasolina Extra (Tolueno). Si este tanque tuviera una falla BLEVE (explosión de vapor de líquido en ebullición), todo el contenido se vería envuelto en una bola de fuego, considerando que el porcentaje de masa en esta eventualidad es del 100%.

La temperatura del aire y la del tanque son consistentes a 19°C. Esta uniformidad podría significar que las condiciones externas no están añadiendo estrés térmico adicional al tanque. No obstante, la alta masa del tanque (23,016 kilogramos) y su elevado porcentaje de llenado hacen que cualquier fallo estructural pueda ser catastrófico, sobre todo con la presencia de un fenómeno como el BLEVE.

la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes alberga un riesgo considerable dada la cantidad y naturaleza del combustible almacenado, y las condiciones ambientales del área. Las autoridades y los responsables de la estación deben estar preparados y tener planes de contingencia para responder adecuadamente a cualquier incidente, garantizando así la seguridad de las personas y las propiedades cercanas.

Figura 9: Zona de amenaza de radiación térmica 7000 galones Extra en la Estación de Servicio Norte Sindicato de Choferes



Nota: Modelado de amenaza: radiación térmica de bola de fuego. Rojo: mayor de (10.0 kW / (m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: mayor de (5.0 kW / (m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: 60 s mayor de 2.0 kW / (m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

La radiación térmica es una forma de energía que se transmite por radiación. Es especialmente peligrosa en el contexto de un derrame o explosión de combustible, ya que puede causar graves daños a las personas y estructuras incluso a cierta distancia del punto de origen.

Zona Roja: Aquí la intensidad de la radiación térmica excede los 10.0 kW/m². Esta es una medida extremadamente alta de radiación y, por lo tanto, se considera potencialmente letal si una persona se expone durante 60 segundos. Esto significa que

cualquier persona que se encuentre dentro de esta zona durante un incidente podría enfrentar consecuencias fatales en menos de un minuto.

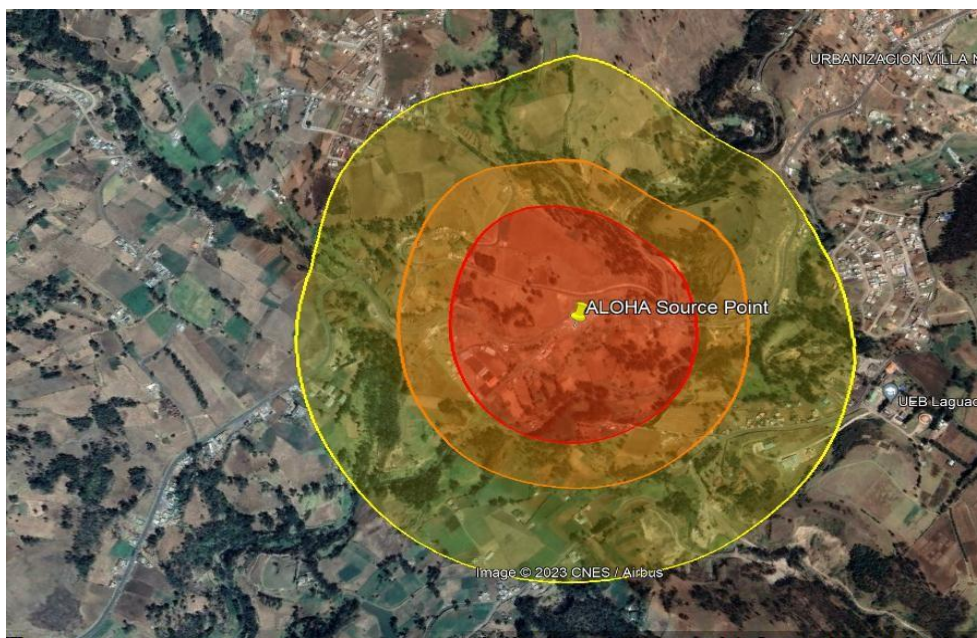
Zona Naranja: La radiación térmica en esta área está por encima de los 5.0 kW/m². Si bien es menos intensa que la zona roja, sigue siendo peligrosamente alta. Una exposición de 60 segundos podría causar quemaduras de segundo grado, que son dolorosas y pueden requerir tratamiento médico.

Zona Amarilla: Esta área experimentaría niveles de radiación térmica superiores a 2.0 kW/m². Aunque es la zona menos intensa en comparación con las otras dos, una exposición de 60 segundos aún causaría dolor. Es posible que las personas en esta área no sufran quemaduras graves, pero podrían experimentar incomodidad y daños leves.

Este modelado subraya la importancia de contar con medidas de seguridad robustas en la Gasolinera Norte. La rápida propagación de la radiación térmica en caso de un incidente podría poner en riesgo a las personas y propiedades en un radio considerable alrededor del punto de origen. Es imperativo tener protocolos de respuesta rápida y sistemas de alerta temprana para minimizar los riesgos y proteger a la comunidad cercana.

Figura 10: Zona de amenaza Gasolina Extra en la estación de servicio Norte

Sindicato de Choferes



Nota:

Zona de amenaza roja $10,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$ = potencialmente letal en 60 segundos. Hora: 17 de Julio de 2023 1633 horas ST. Nombre químico: TOLUENO. Viento: 2,78 metros/segundo desde ESE a 3 metros. ZONA DE AMENAZA: Rojo: (343.8m) --- ($10,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: (487.37m) --- ($5,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: (760.78m) --- ($2,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$) = dolor en 60 segundos). Modelo: ALOHA Radiación térmica de bola de fuego

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

La Figura 10 proporciona una representación gráfica y detallada de la potencial zona de amenaza en la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes en el contexto de un incidente con Gasolina Extra. Estas zonas de amenaza se basan en las potenciales consecuencias de la radiación térmica emanada de una bola de fuego.

Zona Roja (343.8 m): Este es el radio más inmediato al punto de origen del incidente y representa el área de mayor amenaza. Aquí, la intensidad de la radiación térmica es de $10.0 \text{ kW}/\text{m}^2$, lo que indica que la exposición a esta radiación durante

solo 60 segundos puede ser potencialmente letal. Es esencial que esta área se mantenga libre de personal y estructuras críticas debido al alto riesgo que representa.

Zona Naranja (487.37 m): Las personas y propiedades en esta área enfrentan un riesgo significativo, aunque ligeramente menor que en la Zona Roja. La intensidad de la radiación térmica en esta área es de 5.0 kW/m^2 . A esta intensidad, las personas que se expongan a la radiación durante 60 segundos podrían sufrir quemaduras de segundo grado.

Zona Amarilla (760.78 m): Aunque esta es la zona menos intensa de las tres, aún presenta un riesgo considerable. Con una intensidad de radiación térmica de 2.0 kW/m^2 , las personas podrían experimentar dolor después de una exposición de 60 segundos. Si bien es menos letal que las otras zonas, la gran extensión de esta área sugiere que un amplio rango de la comunidad podría verse afectada en caso de un incidente.

Tabla 6 Datos Gasolina Super a la Estación de Servicio Norte Sindicato de Choferes

Gasolinera Norte sindicato de choferes (floresta)	Ubicación: Ecuador, Guaranda
Fecha	7/08/2023
Hora	15:13 pm
Velocidad del viento	13 k/h (3.6 m/s)
Dirección del viento	Este (ese)
Elevación del Suelo	3 metros
Rugosidad del terreno	Urbano forestal
Cobertura de Nubes	Nublado
Temperatura	17°C
Clase de estabilidad	D C (Neutral, la velocidad del viento es relativamente fuerte y la radiación solar moderada)
Altura de inmersión	Sin inmersión térmica (sin nieblas persistentes)
COORDENADAS	
Latitud	Longitud
1°34'30.99"S	79° 0'14.75"O
Elevación	2836 m
Nombre químico	Tolueno (gasolina Super)
Orientación del tanque	Horizontal
Diámetro del tanque	8 pies = 2.4384 m
Longitud	18.6 pies =5.67 m
Volumen	7000 gal =26497.88 L
Estado físico del químico	Líquido
Temperatura dentro del tanque	17° C
Masa del tanque	18,462 kilogramos
% del tanque lleno	80 %
Tipo de falla del tanque	Bleve
Porcentaje de la masa en la bola de fuego	100%

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

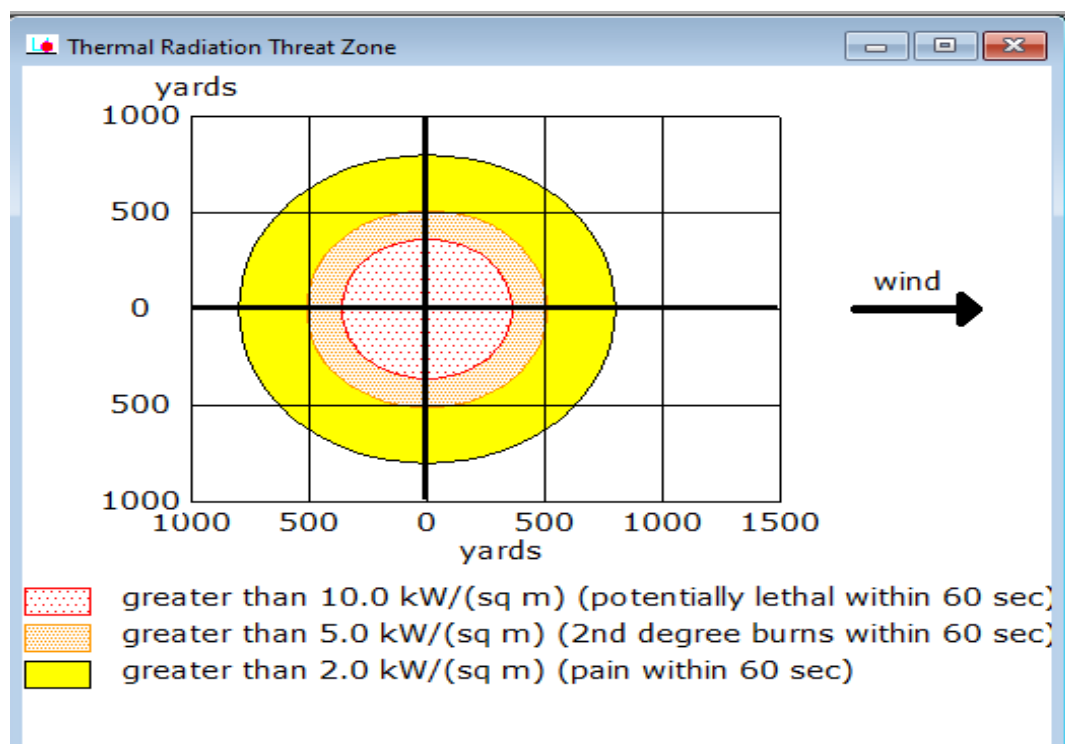
Los datos presentados en la Tabla 6 ofrecen una perspectiva clara de las condiciones y características específicas asociadas a la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes con relación a la Gasolina Super. El viento se encuentra soplando desde el este a una velocidad de 3.6 m/s, lo cual es relevante para determinar la

dispersión de los vapores de gasolina y, en caso de incendio, la dirección de propagación de las llamas.

La gasolinera se sitúa a una altitud de 2836 metros sobre el nivel del mar. Esta elevación, junto con las coordenadas geográficas proporcionadas, es vital para considerar factores relacionados con la densidad del aire y posibles afectaciones en la propagación de un posible incidente. El tanque que almacena la Gasolina Super tiene una orientación horizontal con un diámetro de 8 pies y una longitud de 18.61 pies. Está lleno al 80% de su capacidad, lo que equivale a un volumen de 7000 galones de gasolina. Este combustible, cuyo componente principal es el tolueno, se encuentra en estado líquido a una temperatura de 17°C y tiene una masa total de 18,462 kilogramos.

Riesgo asociado: El tipo de falla potencial indicado es "Bleve, que es una de las explosiones más violentas que puede ocurrir cuando un líquido presurizado se sobrecalienta. Si se produce tal evento, el 100% de la masa del tanque se involucraría en una bola de fuego, lo que indica un escenario de máximo riesgo.

Figura 11: Zona de amenaza de radiación térmica 7000 galones Super de la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes



Nota: Modelado de amenaza: radiación térmica de bola de fuego. Rojo: mayor de (10.0 kW / (m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: mayor de (5.0 kW / (m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: 60 s mayor de 2.0 kW / (m²) = dolor en 60 segundos).

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023
Fuente: Aplicación del software ALOHA

La Figura 11 representa las zonas de amenaza basadas en la radiación térmica emitida por una bola de fuego resultante de la combustión de 7000 galones de combustible Super en la Gasolinera Norte del Sindicato de Choferes. Esta figura divide las amenazas en tres niveles distintos según la intensidad de la radiación térmica:

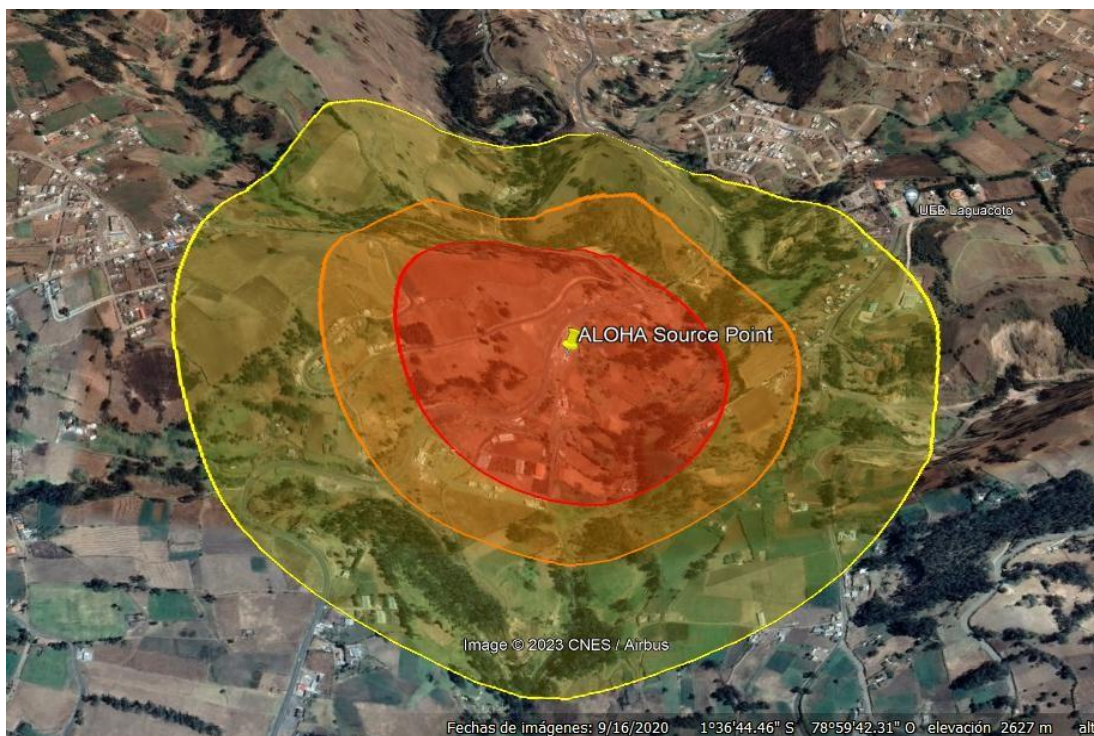
Zona Roja: Esta es la zona más peligrosa y se caracteriza por una radiación térmica superior a 10.0 kW/m^2 . Las personas que se encuentren en esta área y estén expuestas a esta radiación durante 60 segundos tienen un alto riesgo de sufrir daños letales. Esto indica que la intensidad de la radiación es extremadamente alta y puede causar la muerte en poco tiempo.

Zona Naranja: En esta zona, la radiación térmica oscila entre 5.0 kW/m^2 y el límite superior de la zona roja. Las personas que se expongan a esta radiación durante 60 segundos pueden sufrir quemaduras de segundo grado. Aunque no es tan crítica como la zona roja, sigue siendo peligrosa y puede causar lesiones graves.

Zona Amarilla: Esta área refleja una radiación térmica superior a 2.0 kW/m^2 pero menor que la zona naranja. Aunque es la menos peligrosa de las tres, aún puede causar molestias y dolor a las personas expuestas durante 60 segundos. Las personas en esta zona deben evacuar rápidamente para evitar molestias o daños menores.

Figura 12: Zona de amenaza Gasolina Super en la Estación de Servicio Norte

Sindicato de Choferes



Nota: Punto de origen ALOHA. Hora: 7 de agosto de 2023 1513 horas

Nombre químico: TOLUENO. Viento: 3,6 metros/segundo desde ESE a 3 metros

ZONA DE AMENAZA: Rojo: (331.01m) --- (10,0 kW/(m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: (469.08m)--- (5,0 kW/(m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: (732.43m) --- (2,0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

Punto de origen y condiciones ambientales: La data indica que el punto de origen del posible incidente es el software ALOHA. El viento, un factor crucial en la propagación de la radiación térmica, sopla desde el este-sureste (ESE) a una velocidad de 3.6 metros por segundo.

Zonas de amenaza: Zona Roja (331.01 m): Representa el área de mayor riesgo. Cualquier persona o estructura en esta área estaría expuesta a una radiación térmica de 10.0 kW/m², lo que podría ser potencialmente letal en un lapso de 60 segundos. Es crucial que esta área esté libre de cualquier actividad y que, en caso de un incendio, sea la primera en ser evacuada.

Zona Naranja (469.08 m): Esta área está menos expuesta que la roja, pero sigue siendo de alto riesgo. Una radiación de 5.0 kW/m² podría causar quemaduras de segundo grado en tan solo 60 segundos. Las estructuras y materiales en esta zona deberían contar con características resistentes al fuego, y la evacuación debe ser inmediata.

Zona Amarilla (732.43 m): Aunque es la menos peligrosa de las tres, aún posee un nivel significativo de amenaza. La radiación térmica de 2.0 kW/m² podría causar dolor en una exposición de 60 segundos. Si bien el riesgo directo de lesiones es menor, la evacuación sigue siendo esencial, especialmente para personas vulnerables.

Esta representación gráfica y su interpretación enfatizan la importancia de contar con protocolos de seguridad claros y bien establecidos. Las zonas delimitadas ayudan a definir rutas de evacuación, ubicación de extintores, y otros sistemas de respuesta a emergencias. Además, resalta la necesidad de informar y capacitar al personal y a la comunidad cercana sobre las medidas de seguridad y cómo actuar en caso de un incidente.

Tabla 7 Datos de Gasolina Diesel de la Estación de Servicio Norte Sindicato de Choferes

Gasolinera norte sindicato de choferes (floresta)	Ubicación: Ecuador, Guaranda
Fecha	29/07/2023
Hora	16:32 PM
Velocidad del viento	13 k/h (3.6 m/s)
Dirección del viento	Este (ese)
Elevación del Suelo	3 metros
Rugosidad del terreno	Urbano forestal
Cobertura de Nubes	Soleado
Temperatura	21°C
Clase de estabilidad	C (Neutral, la velocidad del viento es relativamente fuerte y la radiación solar moderada)
Altura de inmersión	Sin inmersión térmica (sin nieblas persistentes)
COORDENADAS	
Latitud	Longitud
1°34'30.99"S	79° 0'14.75"O
Elevación	2836 m
Nombre químico	N PENTATE (Diesel)
Orientación del tanque	Horizontal
Diámetro del tanque	8 pies = 2.4384 m
Longitud	18.6 pies =5.67 m
Volumen	7000 gal =26497.88 L
Estado físico del químico	Líquido
Temperatura dentro del tanque	21° C
Masa del tanque	14,922 kilogramos
% del tanque lleno	90 %
Tipo de falla del tanque	Bleve
Porcentaje de la masa en la bola de fuego	80%

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

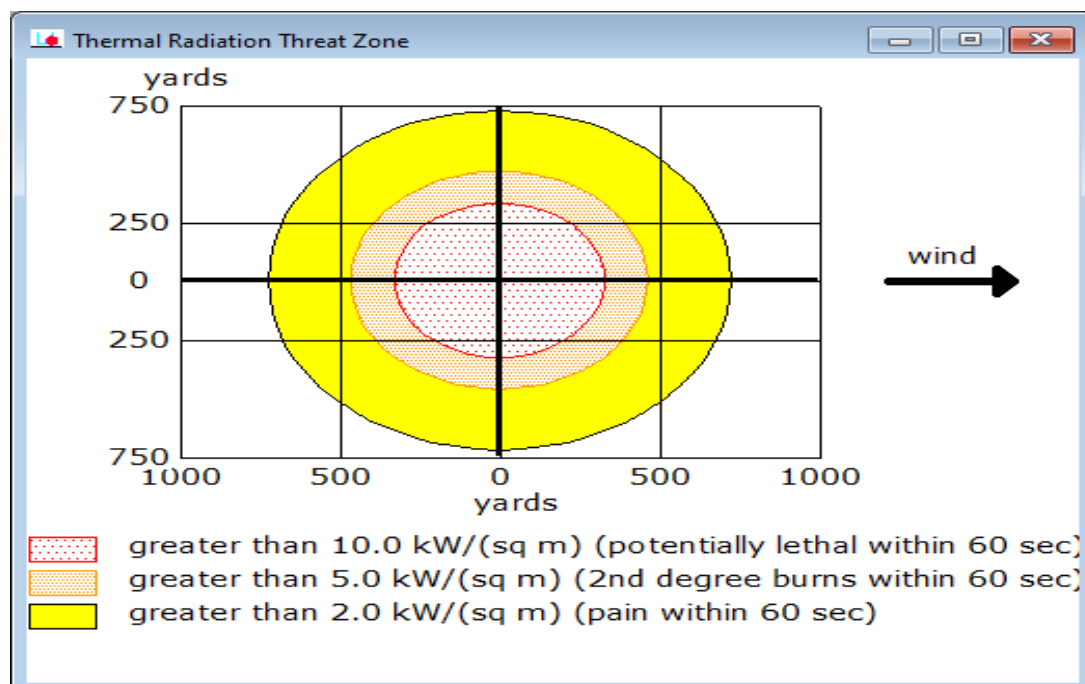
La Tabla 7 detalla las características y condiciones del Diesel almacenado en la Gasolinera Norte Sindicato de Choferes, situada en el área de Floresta, Guaranda, Ecuador. Esta información se registró el 29 de julio de 2023 a las 16:32 PM. Desde una perspectiva ambiental, se anotó un viento proveniente del este-sureste (ESE) con una velocidad de 3.6 m/s, esencial para anticipar cómo se podría dispersar un posible

derrame o fuego. La temperatura en la zona era de 21°C bajo un cielo soleado, factores que podrían influir en cómo el combustible se comporta. Además, el entorno descrito como "Urbano forestal" sugiere que hay tanto construcciones como vegetación en las cercanías.

Profundizando en los detalles específicos del tanque y su contenido, se almacena un químico llamado N PENTATE, más conocido como Diesel. El tanque, con orientación horizontal, posee un diámetro de 8 pies y mide 18.61 pies de longitud. Aunque tiene una capacidad de 7000 galones, en el momento de la inspección, albergaba 14,922 kilogramos de Diesel, lo que representa el 90% de su capacidad. El Diesel se mantiene en estado líquido, con una temperatura igual a la del ambiente, es decir, 21°C.

Un aspecto crucial que resaltar es el riesgo asociado con este tipo de almacenamiento. Se identifica el "Bleve" como una posible falla del tanque. El Bleve es una explosión intensa causada por la rápida vaporización de un líquido, generando un aumento súbito de presión. En caso de un siniestro, se estima que hasta el 80% del Diesel podría generar una bola de fuego, indicando un serio peligro de incendio y explosión. Esta evaluación subraya la urgencia de implementar medidas de gestión de riesgos y protocolos de seguridad robustos. La preparación y la información son cruciales tanto para el personal de la gasolinera como para las comunidades adyacentes, garantizando que todos estén listos para manejar cualquier contingencia que pueda surgir.

Figura 13: Zona de amenaza de radiación térmica para 6234 galones Diésel en la Estación de Servicio Norte Sindicato de Choferes



Nota: Modelado de amenaza: radiación térmica de bola de fuego. Rojo: mayor de (10.0 kW / (m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: mayor de (5.0 kW / (m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: 60 s mayor de 2.0 kW / (m²) = dolor en 60 segundos)

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

La Figura 13 nos presenta un esquema de la zona de amenaza en caso de un accidente que involucre la radiación térmica de una bola de fuego derivada de 6234 galones de Diesel en la Gasolinera Norte Sindicato de Choferes. La interpretación de los datos proporcionados se presenta a continuación:

El modelo utilizado para representar la amenaza es la "radiación térmica de bola de fuego". Una bola de fuego es una gran explosión que produce una intensa radiación térmica que puede causar daño a estructuras cercanas y seres vivos.

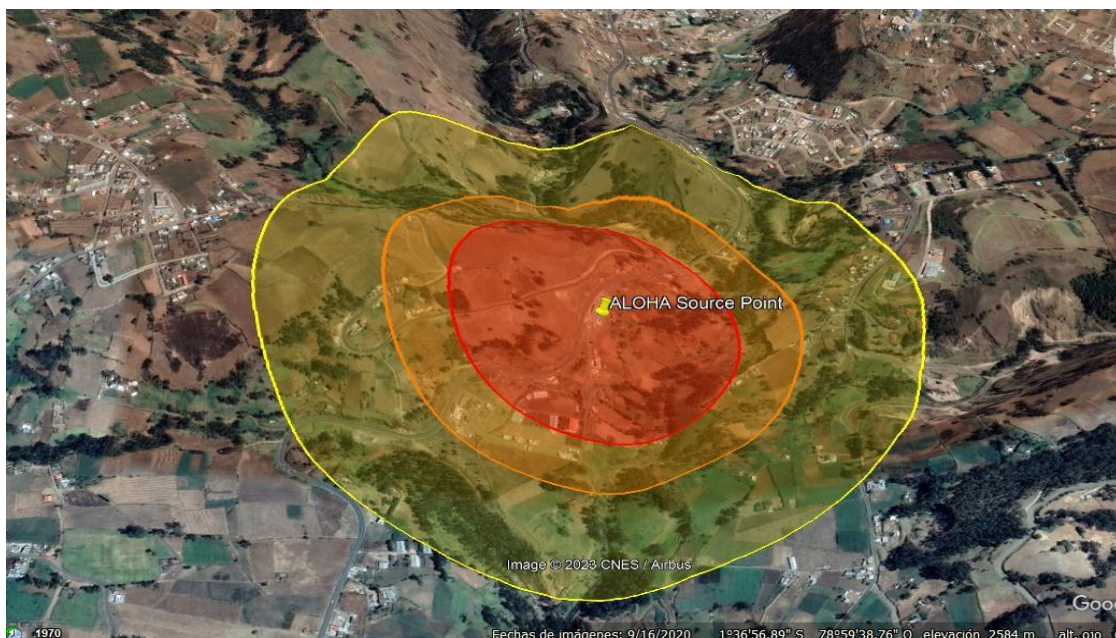
Zonas de Amenaza:

Zona Roja: Representa la máxima amenaza con una radiación térmica mayor de 10.0 kW/m². La exposición a esta intensidad puede ser potencialmente letal en tan solo 60 segundos. Esta zona indica un área crítica donde la probabilidad de fatalidades es muy alta en caso de exposición directa.

Zona Naranja: Aquí, la radiación térmica supera los 5.0 kW/m². Una persona expuesta a esta intensidad podría sufrir quemaduras de segundo grado en un minuto. Las quemaduras de segundo grado son dolorosas y pueden causar ampollas en la piel, necesitando atención médica.

Zona Amarilla: En esta región, la radiación alcanza o supera los 2.0 kW/m². La exposición directa a esta intensidad causará dolor en 60 segundos. Aunque no es letal de inmediato ni causa quemaduras graves, la exposición prolongada puede ser perjudicial.

Figura 14: Zona de amenaza Diesel en la Estación de Servicio Norte Sindicato de Choferes



Nota: Punto de origen ALOHA. Hora: 29 de Julio de 2023 1632 horas Gm. Nombre químico: N-PENTANO. Viento: 3,6 metros/segundo desde ESE a 3 metros. ZONA DE AMENAZA: Rojo: (300.83m)--- (10,0 kW/(m²) = potencialmente letal en 60 segundos). Naranja: (425.19m) --- (5,0 kW/(m²) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos). Amarillo: (725m) --- (2,0 kW/(m²) = dolor en 60 segundos). Modelo: ALOHA Radiación térmica de bola de fuego

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

El viento sopla a una velocidad de 3,6 metros/segundo desde la dirección ESE (Este-Sureste), a una altura de 3 metros. Las condiciones de viento son vitales, ya que dictan la dirección y velocidad de dispersión de la amenaza.

Zona Roja (300.83 m): Es la zona más peligrosa, con una radiación térmica de 10.0 kW/m² o superior. En esta región, la exposición por tan solo 60 segundos puede resultar fatal. Esto sugiere que cualquier individuo o estructura en esta área estaría en riesgo extremo en caso de un accidente.

Zona Naranja (425.19 m): En esta área, la radiación térmica se encuentra entre 5.0 y 10.0 kW/m². Las personas expuestas pueden experimentar quemaduras de segundo grado en tan solo un minuto, lo que requiere intervención médica inmediata.

Zona Amarilla (725 m): Representa el límite exterior de la amenaza, con niveles de radiación de 2.0 kW/m². Aquí, una persona sentiría dolor en un minuto si está expuesta directamente, aunque el riesgo de daño severo o fatalidad es menor en comparación con las otras dos zonas.

Tabla 8 Personas afectadas por Blevé según combustible en la estación de servicio Sur Sindicato de Choferes

Tipo de combustible	Zona	Cantidad de personas afectadas según Blevé por tipo de combustible	Total
Diesel	Roja	2388	7812
	Naranja	1832	
	Amarillo	3592	
Extra	Roja	2388	7812
	Naranja	1832	
	Amarillo	3592	
Pool Fire	Roja	116	816
	Naranja	180	
	Amarillo	520	
Super	Roja	2388	7812
	Naranja	1832	
	Amarillo	3592	

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA

Para el combustible Diesel, los datos sugieren que la zona más crítica, la Zona Roja, podría tener hasta 2388 personas expuestas a condiciones potencialmente letales. A medida que nos alejamos del epicentro del evento, 1832 personas en la Zona Naranja enfrentarían quemaduras de segundo grado, y en la Zona Verde, unas 3592 personas experimentarían dolor debido a la exposición. En total, un alarmante número de 7812 individuos podrían verse afectados si ocurriera un BLEVE con diésel.

Los datos para el combustible Extra reflejan las mismas cifras que el Diésel. La uniformidad en los números indica que la infraestructura y las condiciones de almacenamiento, así como la naturaleza de estos combustibles, presentan riesgos similares en términos de impacto humano.

Por otro lado, el Pool Fire, otro tipo de combustible presenta una amenaza significativamente menor, con solo 116 personas en riesgo letal en la Zona Roja, 180 en la Naranja y 520 en la Verde, sumando un total de 816 personas en peligro. Aunque estas cifras son menores en comparación con las otras, aún resaltan la necesidad de medidas preventivas.

El combustible Super refleja nuevamente una distribución idéntica a la del Diesel y el Extra, con 7812 personas en total en riesgo de ser afectadas.

En conclusión, el informe ilustra la gravedad potencial de un BLEVE en la estación de servicio Sur Sindicato de Choferes. Es imperativo que las autoridades locales y los operadores de la estación de servicio tomen en cuenta estas cifras para implementar medidas de seguridad, formular planes de evacuación y garantizar que tales eventos se prevengan en la medida de lo posible.

Tabla 9 Personas afectadas por Blevé según combustible en la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes

Tipo de combustible	Zona	Cantidad de personas afectadas según Blevé por tipo de combustible	Total
Diesel	Roja	132	544
	Naranja	160	
	Amarillo	252	
Extra	Roja	112	436
	Naranja	92	
	Amarillo	232	
Super	Roja	132	544
	Naranja	160	
	Amarillo	252	

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación del software ALOHA y verificación de las áreas afectadas

El informe relativo a la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes arroja un panorama sobre las posibles consecuencias humanas en el caso de un BLEVE, diferenciado por tipos de combustible.

Para el combustible Diesel, se estima que, en la zona más crítica, la Zona Roja, podrían verse afectadas hasta 132 personas debido a condiciones extremadamente perjudiciales. A medida que la distancia del epicentro del evento aumenta, 160 personas en la Zona Naranja podrían sufrir quemaduras de segundo grado, y en la Zona Verde, 252 individuos experimentarían molestias relacionadas con la exposición. Esto lleva a un total de 544 personas potencialmente afectadas por un BLEVE con Diesel.

En cuanto al combustible Extra, la Zona Roja posee un número menor de personas en riesgo, con un total de 112. En la Zona Naranja, hay 92 personas que podrían experimentar quemaduras, mientras que la Zona Verde tiene 232 personas que

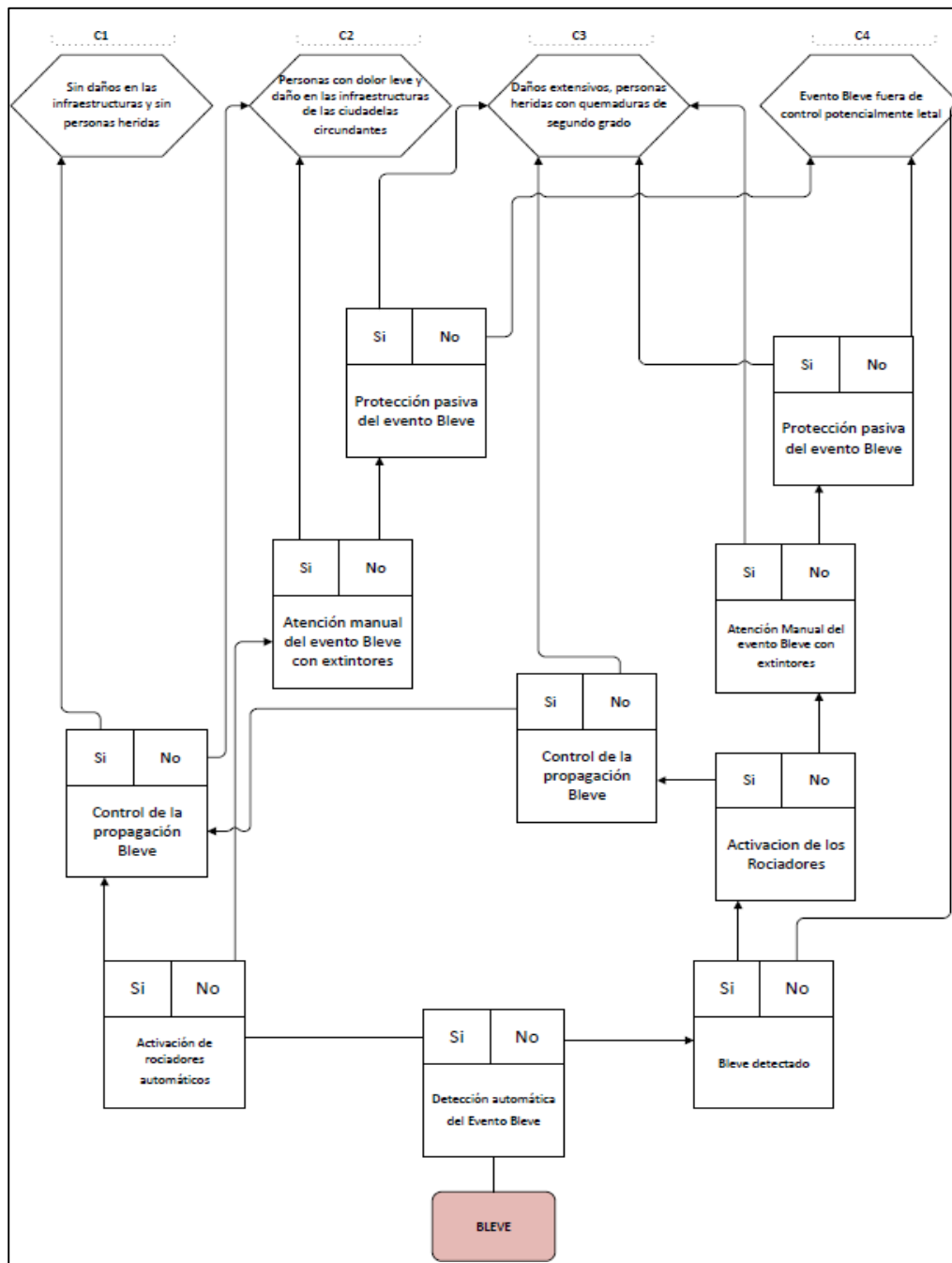
podrían sentir dolor por la exposición. El total de individuos en riesgo debido al Extra asciende a 436.

El combustible Súper muestra cifras idénticas al Diésel en las tres zonas. En total, 544 personas podrían verse afectadas si ocurriera un BLEVE con este tipo de combustible.

Estas cifras, aunque menores en comparación con la estación de servicio Sur, siguen siendo significativas y subrayan la importancia de establecer protocolos de seguridad adecuados. Es crucial que se tomen medidas preventivas y se diseñen planes de contingencia efectivos en la estación de servicio Norte Sindicato de Choferes para minimizar estos riesgos y garantizar la seguridad de las personas en las proximidades de estas instalaciones.

4.2. Categorización el riesgo por Blevé usando el sistema CCA (Tabla de clasificación de las consecuencias) en las ciudades circundantes a la gasolinera

Figura 15:CCA para las estaciones de servicio Sur y Norte Sindicato de Choferes



Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Metodología de análisis de riesgo de (Sánchez Franco, 2018)

Resultados de la inspección de ambas estaciones de servicio

- No existe un sistema de detección automática de Blevé
- No existe un sistema de rociadores automáticos
- Existen extintores
- Se puede tener propagación de Blevé pasiva
- Se puede detectar el Blevé parcialmente por el conocimiento de los trabajadores

En primer lugar, al observar los resultados de la inspección de ambas gasolineras, es preocupante notar que ni una sola de ellas posee un sistema de detección automática de BLEVE, lo que limita enormemente la capacidad de respuesta inmediata ante un posible incidente. Adicionalmente, la ausencia de rociadores automáticos agrava esta situación, ya que estos sistemas pueden ser cruciales para mitigar los efectos del BLEVE. Por otro lado, es alentador saber que ambas instalaciones cuentan con extintores, aunque su efectividad podría verse limitada dependiendo de la magnitud del BLEVE. La posibilidad de propagación pasiva de BLEVE y la dependencia en la habilidad de los trabajadores para detectar parcialmente el BLEVE también son puntos de preocupación.

Con base a los resultados de la inspección se estudió la probabilidad de ocurrencia para cada una de las situaciones:

Tabla 10 Consecuencia 1; Sin daños en las infraestructuras y sin personas**heridas**

<i>Situación 1</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Bleve	Si	0,01
Activación de rociadores automáticos	Si	0,01
Control de la propagación de Bleve	Si	0,4
LDA	1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE	
Frecuencia de la situación 1 (F(k1s1))		$0,01*0,01*0,4= 0,00004$
<i>Situación 2</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Bleve	No	0,01
Bleve detectado	Si	0,8
Activación de los rociadores	Si	0,01
Control de la propagación Bleve	Si	0,4
LDA	1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE	
Frecuencia de la situación 1 (F(k1s2))		$0,01*0,8*0,01*0,4= 0,000032$

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación de la metodología de análisis de riesgo de (Sánchez Franco, 2018)

La **Tabla 10** analiza dos situaciones donde la consecuencia deseada es "Sin daños en las infraestructuras y sin personas heridas" en caso de un evento BLEVE.

En la **Situación 1**, se asume que la detección automática de BLEVE y la activación de rociadores automáticos ocurren, ambas con una probabilidad de 0,01, y que el control de la propagación de BLEVE es efectivo con una probabilidad de 0,4. Dado que se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de

BLEVE (LDA), la frecuencia de la situación 1 sería de $0,01 * 0,01 * 0,4 = 0,00004$. Esto indica una probabilidad extremadamente baja de que todas estas decisiones y acciones ocurran y, por lo tanto, que se eviten daños y lesiones.

En la **Situación 2**, se asume que la detección automática de BLEVE no ocurre (probabilidad de 0,01), pero que el BLEVE es detectado manualmente (probabilidad de 0,8), los rociadores se activan (probabilidad de 0,01) y el control de la propagación de BLEVE es efectivo (probabilidad de 0,4). Nuevamente, asumiendo una probabilidad de 1 para el evento iniciador de BLEVE, la frecuencia de la situación 2 sería de $0,01 * 0,8 * 0,01 * 0,4 = 0,000032$. Esto sugiere una probabilidad aún menor de que esta combinación particular de decisiones y acciones ocurra y, por lo tanto, de evitar daños y lesiones.

En resumen, ambas situaciones presentan probabilidades extremadamente bajas de ocurrencia, lo que indica que las medidas actuales son insuficientes para manejar de manera efectiva el riesgo asociado con un evento BLEVE y evitar daños y lesiones. Se requieren mejoras significativas en los sistemas de detección, activación de rociadores y control de la propagación para minimizar los riesgos asociados con un evento BLEVE.

Tabla 11 Consecuencia 2; Personas con dolor leve y daño en las infraestructuras de las ciudadelas circundantes

<i>Situación 1</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Blevé	Si	0,01
Activación de rociadores automáticos	No	0,01
Atención manual del evento Blevé con extintores	Si	0,8
LDA	1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE	
Frecuencia de la situación 1 (F(k2s1))	0,01*0,01*0,8= 0,00008	
<i>Situación 2</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Blevé	Si	0,01
Activación de rociadores automáticos	Si	0,01
Control de la propagación de Blevé	No	0,6
LDA	1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE	
Frecuencia de la situación 1 (F(k2s2))	0,01*0,01*0,6= 0,00006	

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación de la metodología de análisis de riesgo de (Sánchez Franco, 2018)

La Tabla 11 analiza dos situaciones diferentes relacionadas con la consecuencia de "personas con dolor leve y daño en las infraestructuras de las ciudadelas circundantes" en caso de un evento BLEVE (Explosión de Vapor Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

En la Situación 1, la tabla señala que la probabilidad de detección automática de BLEVE es de 0,01, la probabilidad de activación de rociadores automáticos es de 0,01 y la probabilidad de atención manual del evento BLEVE con extintores es de 0,8. Asumiendo que el evento iniciador de BLEVE tiene una probabilidad de ocurrencia de 1 (LDA), la frecuencia de la situación 1, calculada como el producto de las probabilidades de cada punto de decisión, sería de $0,01 * 0,01 * 0,8 = 0,00008$. Esto significa que hay una posibilidad extremadamente baja (0,00008) de que esta combinación de decisiones y acciones ocurra, aunque se considere que el evento iniciador de BLEVE tenga una probabilidad de 1.

En la Situación 2, la probabilidad de detección automática de BLEVE y la activación de rociadores automáticos es la misma que en la situación 1, es decir, 0,01. Sin embargo, la probabilidad de control de la propagación de BLEVE es de 0,6. Nuevamente, asumiendo una probabilidad de 1 para el evento iniciador de BLEVE, la frecuencia de la situación 2 sería de $0,01 * 0,01 * 0,6 = 0,00006$. Esto indica que hay una probabilidad aún menor (0,00006) de que esta combinación particular de decisiones y acciones ocurra.

En resumen, ambas situaciones presentan una probabilidad extremadamente baja de ocurrencia, a pesar de que se asume que el evento iniciador de BLEVE tiene una probabilidad de 1. Esto sugiere que las medidas actuales no son suficientes para manejar de manera efectiva el riesgo asociado con un evento BLEVE. Es necesario mejorar los sistemas de detección y respuesta para minimizar el riesgo de dolor leve en las personas y daños en las infraestructuras circundantes.

Tabla 12 Consecuencia 3; Daños extensivos, personas heridas con quemaduras de segundo grado

<i>Situación 1</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Blevé	Si	0,01
Activación de rociadores automáticos	No	0,99
Atención manual del evento Blevé con extintores	No	0,2
Protección pasiva del evento Blevé	Si	0,6
1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE		
LDA		
Frecuencia de la situación 1 (F(k3s1))		$0,01*0,99*0,02*0,6= 0,01188$
<i>Situación 2</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Blevé	No	0,99
Blevé detectado	Si	0,8
Activación de los rociadores	Si	0,01
Control de la propagación Blevé	No	0,4
1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE		
LDA		
Frecuencia de la situación 1 (F(k3s2))		$0,99*0,8*0,01*0,4= 0,003168$
<i>Situación 3</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Blevé	No	0,99
Blevé detectado	Si	0,8
Activación de los rociadores	No	0,99
Atención manual del evento Blevé con extintores	Si	0,8
1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE		
LDA		
Frecuencia de la situación 1 (F(k3s3))		$0,99*0,8*0,99*0,8=0.6272$
<i>Situación 4</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>

Detección automática de Blevé	No	0,99
Blevé detectado	Si	0,8
Activación de los rociadores	No	0,99
Atención manual del evento Blevé con extintores	No	0,2
Protección pasiva del evento Blevé	Si	0,6
		1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE
LDA		
Frecuencia de la situación 1 (F(k3s4))	0,99*0,8*0,2*0,6=0,0940	

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación de la metodología de análisis de riesgo de (Sánchez Franco, 2018)

La **Tabla 12** analiza cuatro situaciones diferentes en las que la consecuencia es "Daños extensivos, personas heridas con quemaduras de segundo grado" en el caso de un evento BLEVE.

Situación 1: Asume que la detección automática de BLEVE ocurre (0,01), no se activan los rociadores automáticos (0,99), no se atiende manualmente el evento BLEVE con extintores (0,2), pero se implementa la protección pasiva del evento BLEVE (0,6). Con una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE (LDA), la frecuencia de esta situación es $0,01 * 0,99 * 0,02 * 0,6 = 0,01188$. Esto sugiere una baja probabilidad de que ocurra esta combinación particular de decisiones y acciones, y por lo tanto, de que resulten en daños extensivos y quemaduras de segundo grado.

Situación 2: Asume que no hay detección automática de BLEVE (0,99), pero se detecta el BLEVE (0,8), se activan los rociadores (0,01), pero no se controla la propagación del BLEVE (0,4). La frecuencia de esta situación es $0,99 * 0,8 * 0,01 * 0,4 = 0,003168$, lo que indica una probabilidad aún menor de que esta combinación de

decisiones y acciones ocurra y resulte en daños extensivos y quemaduras de segundo grado.

Situación 3: Asume que no hay detección automática de BLEVE (0,99), pero se detecta el BLEVE (0,8), no se activan los rociadores (0,99), pero se atiende manualmente el evento BLEVE con extintores (0,8). La frecuencia de esta situación es $0,99 * 0,8 * 0,99 * 0,8 = 0,6272$, lo que sugiere una probabilidad relativamente alta de que esta combinación de decisiones y acciones ocurra y resulte en daños extensivos y quemaduras de segundo grado.

Situación 4: Asume que no hay detección automática de BLEVE (0,99), pero se detecta el BLEVE (0,8), no se activan los rociadores (0,99), no se atiende manualmente el evento BLEVE con extintores (0,2), pero se implementa la protección pasiva del evento BLEVE (0,6). La frecuencia de esta situación es $0,99 * 0,8 * 0,2 * 0,6 = 0,0940$, lo que indica una probabilidad moderada de que esta combinación de decisiones y acciones ocurra y resulte en daños extensivos y quemaduras de segundo grado.

En resumen, la **Situación 3** presenta el riesgo más alto de daños extensivos y quemaduras de segundo grado, seguido por la **Situación 4**. Esto sugiere que la atención manual del evento BLEVE con extintores y la protección pasiva del evento BLEVE son críticas para minimizar los daños y las lesiones, y que se requieren mejoras significativas en los sistemas de detección y activación de rociadores para minimizar los riesgos asociados con un evento BLEVE.

Tabla 13 Consecuencia 4; Evento Bleve fuera de control potencialmente letal

<i>Situación 1</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Bleve	Si	0,01
Activación de rociadores automáticos	No	0,99
Atención manual del evento Bleve con extintores	No	0,2
Protección pasiva del evento Bleve	No	0,4
		1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE
LDA		
Frecuencia de la situación 1 (F(k4s1))	0,01*0,99*0,2*0,4=0,000792	
<i>Situación 2</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Bleve	No	0,99
Bleve detectado	Si	0,8
Activación de los rociadores	No	0,99
Atención manual del evento Bleve con extintores	No	0,2
Protección pasiva del evento Bleve	No	0,4
		1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE
LDA		
Frecuencia de la situación 1 (F(k4s2))	0,99*0,8*0,99*0,2*0,4=0,0627	
<i>Situación 3</i>		
<i>Punto de decisión</i>	<i>Decisión</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia</i>
Detección automática de Bleve	No	0,99
Bleve detectado	No	0,2
		1 se estima una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE
LDA		
Frecuencia de la situación 1 (F(k4s3))	0,99*0,2=0,198	

Elaborado por: Chimborazo y Linares, 2023

Fuente: Aplicación de la metodología de análisis de riesgo de (Sánchez Franco, 2018)

La **Tabla 13** analiza tres situaciones diferentes en las que la consecuencia es un "Evento BLEVE fuera de control potencialmente letal".

Situación 1: Asume que la detección automática de BLEVE ocurre (0,01), no se activan los rociadores automáticos (0,99), no se atiende manualmente el evento BLEVE con extintores (0,2), y no se implementa la protección pasiva del evento BLEVE (0,4). Con una probabilidad de ocurrencia de 1 para el evento iniciador de BLEVE (LDA), la frecuencia de esta situación es $0,01 * 0,99 * 0,2 * 0,4 = 0,000792$. Esto sugiere una baja probabilidad de que ocurra esta combinación particular de decisiones y acciones y, por lo tanto, de que el evento BLEVE esté fuera de control y sea potencialmente letal.

Situación 2: Asume que no hay detección automática de BLEVE (0,99), pero se detecta el BLEVE (0,8), no se activan los rociadores (0,99), no se atiende manualmente el evento BLEVE con extintores (0,2), y no se implementa la protección pasiva del evento BLEVE (0,4). La frecuencia de esta situación es $0,99 * 0,8 * 0,99 * 0,2 * 0,4 = 0,0627$, lo que indica una probabilidad moderada de que esta combinación de decisiones y acciones ocurra y resulte en un evento BLEVE fuera de control y potencialmente letal.

Situación 3: Asume que no hay detección automática de BLEVE (0,99) y no se detecta el BLEVE (0,2). La frecuencia de esta situación es $0,99 * 0,2 = 0,198$, lo que sugiere una probabilidad relativamente alta de que esta combinación particular de decisiones ocurra y resulte en un evento BLEVE fuera de control y potencialmente letal.

En resumen, la **Situación 3** presenta el mayor riesgo de un evento BLEVE fuera de control y potencialmente letal, seguido por la **Situación 2**. Esto sugiere que la detección temprana del BLEVE es crítica para minimizar el riesgo de un evento fuera

de control y potencialmente letal. Además, la falta de atención manual y de protección pasiva también aumenta significativamente el riesgo. Por lo tanto, se requieren mejoras significativas en los sistemas de detección, activación de rociadores, atención manual y protección pasiva para minimizar los riesgos asociados con un evento BLEVE.

4.3. Medidas propuestas para la reducción de riesgos por Bleve a las ciudades circundantes.

El análisis de la situación actual en ambas estaciones de servicio ha revelado una alarmante falta de preparación y sistemas de respuesta en caso de un evento BLEVE. Las ciudades circundantes están en un riesgo extremadamente alto. Aquí presentamos una propuesta de medidas efectivas para reducir este riesgo:

1. Educación y Concienciación:

- Realizar campañas de sensibilización y capacitación para los residentes de las ciudades circundantes sobre los riesgos de BLEVE.
- Capacitar al personal de las gasolineras sobre las mejores prácticas en la gestión de sustancias inflamables y en la identificación temprana de condiciones que puedan conducir a un BLEVE.

2. Sistemas de Detección Mejorados:

- Implementar sistemas de detección automática de BLEVE de última generación en ambas estaciones de servicio.
- Realizar revisiones y mantenimientos regulares de estos sistemas para garantizar su correcto funcionamiento.

3. Instalación de Rociadores Automáticos:

- Instalar sistemas de rociadores automáticos en ambas estaciones de servicio para proporcionar una respuesta inicial y rápida en caso de detección de condiciones propicias para un BLEVE.

4. Refuerzo de Infraestructura:

- Mejorar la calidad y resistencia de los tanques de almacenamiento para resistir condiciones que puedan conducir a un BLEVE.
- Construir barreras o muros resistentes al fuego alrededor de las gasolineras para limitar la propagación del fuego a áreas circundantes.

5. Plan de Respuesta a Emergencias:

- Establecer un plan de respuesta a emergencias en colaboración con los departamentos de bomberos y otros servicios de emergencia locales.
- Realizar simulacros de evacuación y respuesta a emergencias regularmente con la participación de residentes y personal de las estaciones de servicio.

6. Zonas de Seguridad:

- Establecer zonas de seguridad claras alrededor de las estaciones de servicio donde se restrinja el acceso, particularmente durante operaciones de alto riesgo.

- Implementar sistemas de alarma que puedan alertar a los residentes cercanos en caso de una emergencia.

7. Revisión y Actualización de Políticas:

- Revisar y actualizar las políticas y protocolos de operación de las estaciones de servicio para incluir medidas de prevención y respuesta a BLEVE.
- Garantizar que el cumplimiento de estas políticas sea obligatorio y que haya sanciones en caso de incumplimiento.

8. Inversión en Equipamiento:

- Proveer a las gasolineras con equipos de extinción de incendios de última generación, incluidos extintores, mantas ignífugas y trajes de protección.

9. Monitoreo Continuo:

- Establecer sistemas de monitoreo continuo de las condiciones dentro de los tanques de almacenamiento y en las proximidades de las estaciones de servicio.

10. Incorporación de Tecnología:

- Explorar y adoptar soluciones tecnológicas, como sistemas automatizados de respuesta, drones de monitoreo, y aplicaciones de alerta temprana.

Al implementar estas medidas, se puede reducir significativamente el riesgo de un evento BLEVE en las gasolineras y garantizar la seguridad de las ciudades circundantes.

5. CONCLUSIONES

La implementación de un modelo matemático usando el software ALOHA para identificar los riesgos por BLEVE en ciudadelas cercanas a estaciones de servicio ha sido fundamental para evaluar y cuantificar meticulosamente los peligros potenciales asociados con varios tipos de combustibles. Este enfoque ha facilitado una visión clara y detallada de las amenazas específicas, permitiendo el desarrollo de estrategias proactivas y medidas de seguridad más eficaces. Así, se ha proporcionado una base sólida para la formulación de políticas, planes y procedimientos de emergencia mejorados, buscando optimizar la protección de las comunidades cercanas y la gestión de recursos durante posibles escenarios de BLEVE, contribuyendo significativamente a la salvaguarda de vidas y propiedades.

La implementación del sistema CCA (Análisis Causal de Consecuencias) para categorizar el riesgo de un evento BLEVE en ciudades cercanas a estaciones de servicio revela la urgencia de optimizar los sistemas de detección y respuesta. La Situación 3, que representa el escenario de mayor riesgo, subraya la necesidad crítica de mejora en áreas como detección temprana, sistemas automáticos de rociadores, respuesta manual efectiva y protección pasiva robusta. Para mitigar efectivamente el riesgo de un evento BLEVE fuera de control y potencialmente letal, es imperativo aplicar un enfoque integrado que incorpore mejoras tecnológicas y capacitación, permitiendo una evaluación y respuesta más precisas y efectivas a través del sistema CCA.

Para minimizar el riesgo de un evento BLEVE en las gasolineras cercanas a las ciudades, es esencial implementar una serie de medidas estratégicas y comprensivas.

Estas incluyen la educación y concienciación de la comunidad y el personal de las estaciones de servicio, la mejora de los sistemas de detección y respuesta rápida, el refuerzo de la infraestructura, y la incorporación de tecnologías avanzadas y equipos modernos para la prevención y manejo de emergencias. Además, es crucial establecer zonas de seguridad, planes de emergencia robustos y realizar monitoreo continuo, asegurando la revisión y actualización constante de políticas y protocolos. Al adoptar y mantener diligentemente estas medidas, se espera reducir significativamente el riesgo de un BLEVE, protegiendo así a las ciudades circundantes y sus habitantes.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda capitalizar los resultados del modelo matemático creado con ALOHA, integrando sus hallazgos en la planificación de la respuesta a emergencias y las estrategias de mitigación de riesgos. Aproveche la visión detallada proporcionada por el modelo para diseñar e implementar protocolos de seguridad y emergencia más efectivos, ajustados específicamente a los riesgos identificados, mejorando así la preparación y resiliencia de las ciudades circundantes ante un posible BLEVE.

En vista de los resultados obtenidos mediante el sistema CCA, es recomendable mejorar y fortalecer las áreas identificadas como vulnerables, como los sistemas de detección, los rociadores automáticos y la respuesta manual. Podría ser beneficioso invertir en tecnologías avanzadas y en la capacitación regular del personal y de la comunidad para asegurar una respuesta rápida y efectiva en caso de emergencia, minimizando así el impacto de un posible evento BLEVE.

A partir de las medidas propuestas, se recomienda elaborar y ejecutar un plan de acción bien estructurado para su implementación gradual pero constante. Priorice aquellas medidas que aborden las áreas de mayor vulnerabilidad y que puedan ofrecer una protección más inmediata. Además, fomente la colaboración entre diferentes stakeholders, como las autoridades locales, los servicios de emergencia y la comunidad, para fomentar una cultura de seguridad y preparación colectiva, maximizando así la efectividad de las estrategias de reducción de riesgos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Amangandi, S., y Ramos, E. (2021). *Riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicios del casco urbano de Guaranda y modelamiento de dispersión gaussiano para prevenir y mitigar las consecuencias*. Tesis de Grado, Unviersidad Estatal de Bolívar, Ecuador.
https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UEB_595dca0639d9423ba3cdae03a67cc616
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. 136. Ecuador. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Balcázar, E. (2021). *Propuesta técnica del plan de emergencia y determinación de la magnitud de explosión & incendio en depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos (glp y diesel) aplicando Normativa Seveso, Método Probit y Messeri en la planta de beneficio SODIREC*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15967/1/85T00649.pdf>
- Baraza, J. (2023). La Explosión de Vapor en Expansión de Líquido en Ebullición (BLEVE): Una revisión bibliométrica y tendencias futuras. *Industries*, 83, sn.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423023001341>
- Birk, A., Eyssett, R., y Heymes, F. (2020). Analysis of BLEVE overpressure using spherical shock theory. *Process Safety and Environmental Protection*, 134, 108-120.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582019312704>
- Condor, J. (2021). *Efectos del fuego por incendio en el comportamiento del concreto armado en elementos estructurales de edificios - Huancayo*. Tesis de Grado, UNiversidad Peruana Los Andes, Perú.
https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2715/T037_42288898_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cordero, W. (2019). *Análisis y evaluación de impacto y zonas de afección en caso de accidente mayor ocurrido por incendio y/o explosión en la estación de servicio Beltran, Santa Isabel 2019*. Tesis de Magister, Universidad del Azuay, Ecuador.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9386/1/15024.pdf>
- de Prada, F. (2020). La asombrosa química de las deflagraciones controladas. *Revista Eureka*, 17(2), 1-10.
<https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22839/2401.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, J. (2021). *Análisis y verificación del sistema de protección contra incendios y evacuación de usuarios, por medio de la aplicación de software informáticos de simulación*. Tesis de Magister, Universitat Politècnica de Catalunya, España.
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/349190/Mem%20c3%b2ria_FloresJorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gálvez, R. (2020). *Evaluación del nivel de riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicio de combustible del cantón Loja en el 2019, a través del método Índice Dow y*

la estimación de las nas de amenaza con el software informático ALOHA. Tesis de Maestría, Universidad de Azuay, Ecuador.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9851/1/15481.pdf>

- Guevara, J., Villagómez, F., y Flores, L. (2018). BLEVES: Riesgos asociados al almacenamiento y transporte de Gas LP en zonas urbanas. *XII Congreso TRegional para Nortemérica y el Caribe*. México.
<http://www.amica.com.mx/issn/Tabasco/AMI-164.pdf#:~:text=La%20BLEVE%20es%20un%20caso%20especial%20de%20estallido,la%20piel%20expuesta%20e%20incendiar%20material%20combustible%20cerca%20no.>
- Hermans, F. (2021). Explosiones de Corte Bajo el agua. Causas / Efectos / Consecuencias y prevención. *Découpage Sous Eau Causes, Effets, Conséquences & Prévention des Explosions*, 72. Francia.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/77327433/Explosiones_de_Corte_Bajo_el_Agua_a-libre.pdf?1640450391=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DExplosiones_de_Corte_Bajo_el_Agua_Causas.pdf&Expires=1686774711&Signature=Qumwx83HVdm8a5Gx8Q5vSQe41LM6
- Huamani, J., y Paucara, M. (2019). *Evaluación del Riesgo de Incendio a través del método Gretener para implementar medidas de prevención en la empresa TECKTOMETAL SAC. Arequipa 2019*. Tesis de Grado, Universidad Tecnológica del Perú, Perú.
https://doi.org/file:///D:/Downloads/Jhon%20Huamani_Mirella%20Paucara_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf
- Kraft, R., Mores, P., y Scenna, N. (2022). BLEVE – Estimación de distancias seguras basándose en variables de diseño. *Revista Argentina de Ingeniería*, 20(10), 67-75.
<https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2022/11/Articulo5-RADI-20.pdf>
- Ministerio de Inclusión Económica y Social. (2009). Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios. 62. Ecuador.
<https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-11/REGLAMENTO%20DE%20PREVENCION%2C%20MITIGACION%20Y%20PROTECCION%20CONTRA%20INCENDIOS.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos. (1986). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del medio Ambiente de Trabajo. 92. Ecuador.
<https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>
- Ministro de Bienestar Social. (2015). Ley de defensa contra incendios. 12. Ecuador.
<https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEY-DE-DEFENSA-CONTRA-INCENDIOS.pdf?x42051>
- Pérez, P. (2019). *Análisis de riesgo de una instalación de almacenaje de hidrocarburos*. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/175326/TFG_PAU_PEREZ_TORRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Prediction of BLEVE blast loading using CFD and artificial neural network. (2021). *Process Safety and Environmental Protection*, 149, 711-723.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.03.018>
- Quevedo, G., y Molina, V. (2023). *Riesgos de explosiones en las distribuidoras de GLP aplicando la NTP 291-293 para minimizar los daños materiales e impacto en la población*. TFG, Universidad de las Fuerzas Armadas.
<https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/35725/M-ESPEL-CST-0139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Robalino, A. (2022). *Afectación por Irradiación Térmica en la Estación de Servicios “Granja” en el cantón Pallatanga. Propuesta de un Plan de Emergencia*. Trabajo de Titulación, Universidad nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Rojas, S. (2022). Identificación y evaluación del riesgo de explosividad e incendio en la estación de servicio del campamento del GAD provincia de Pichincha. *Investigación y Desarrollo*, 14(2), 81-101. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/figempa/v14n2/2602-8484-figempa-14-02-00081.pdf>
- Segura-Alcívar, M., Rodríguez, F., y Eoulkeridis, T. (2017). Análisis de riesgo potencial de almacenamiento de combustible en el Centro de Quito, Ecuador. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, II(3). <http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/10/1.pdf>
- Venegas, D., Ayabaca, C., Celi, S., y Rocha, J. (2018). El riesgo en el almacenamiento del GLP en el Ecuador. *INNOVA*, 3(1), 19-29.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v3.n1.2018.331>
- Wang, Y., Li, J., y Hao, H. (2022). Una revisión de vanguardia de estudios experimentales y numéricos sobre la predicción de sobrepresión BLEVE. *Revista de Prevención de Pérdidas en las Industrias de Procesos*, 80.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423022001966>
- Zambrano, C. (2021). *Evaluación del plan de gestión de riesgos contra incendios y explosiones en una estación de servicio Primax ubicada al sur de Esmeraldas*. Tesis de Magister, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
<https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2474/1/Zambrano%20Vera.pdf>

8. ANEXOS

Anexo 1: Aprobación del tema de investigación

UEB | UNIVERSIDAD
ESTATAL
DE BOLIVAR



Guaranda, 06 de junio de 2023

Sr. Mario Sánchez

Director Administrativo del Sindicato de Choferes

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo, comedidamente solicito su autorización y apertura para que los estudiantes de la carrera de Administración para desastres y gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar inscritos en la unidad de titulación desarrollen su trabajo de investigación en las estaciones de servicio del sindicato de choferes profesionales de bolívar que está bajo su dirección, facilite la recolección de datos e información necesaria para investigar el tema que se detalla.

TEMA APROBADO	AUTORES	TUTOR
Riesgo por Blevé en las ciudadelas circundantes a las estaciones de servicio del sindicato de choferes de Bolívar con un enfoque en la gestión de riesgos y la prevención de desastres en el periodo mayo - septiembre 2023	Bryan Fabricio Chimborazo Quilligana Anderson Fabricio Linares Ibarra	Sr. Paúl Sánchez

Al conocer su compromiso y contribución con la investigación académica, agradezco.

Atentamente

Paúl Sánchez

Sr. Paúl Sánchez

Director de la Unidad de Gestión de Riesgos

0988857579

*Autores de
Mario Sánchez
06-06-2023
15h21*

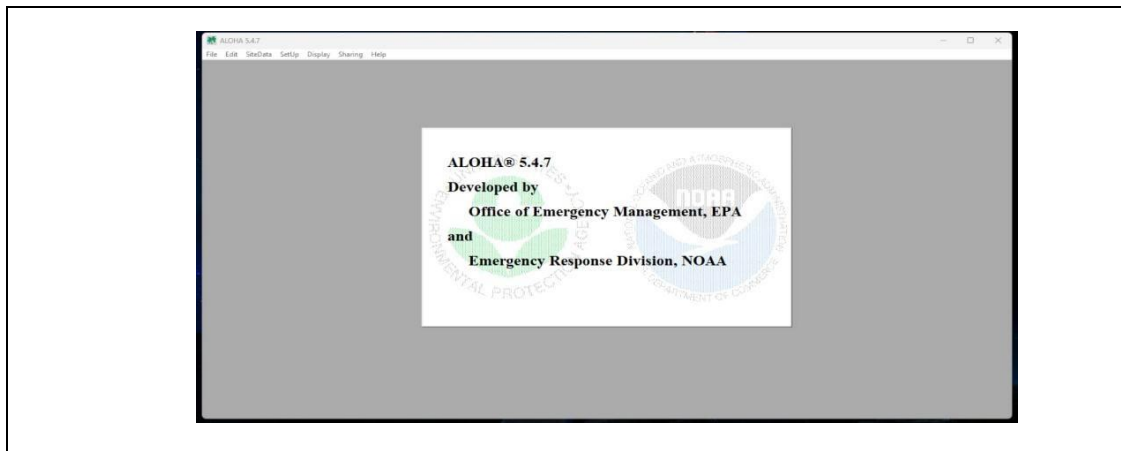
SINDICATO GENERAL DE CHOFERES
PROFESIONALES DE BOLIVAR UNION Y PROGRESO
COMUNICACION RECIBIDA

HORA 06 JUN 2023

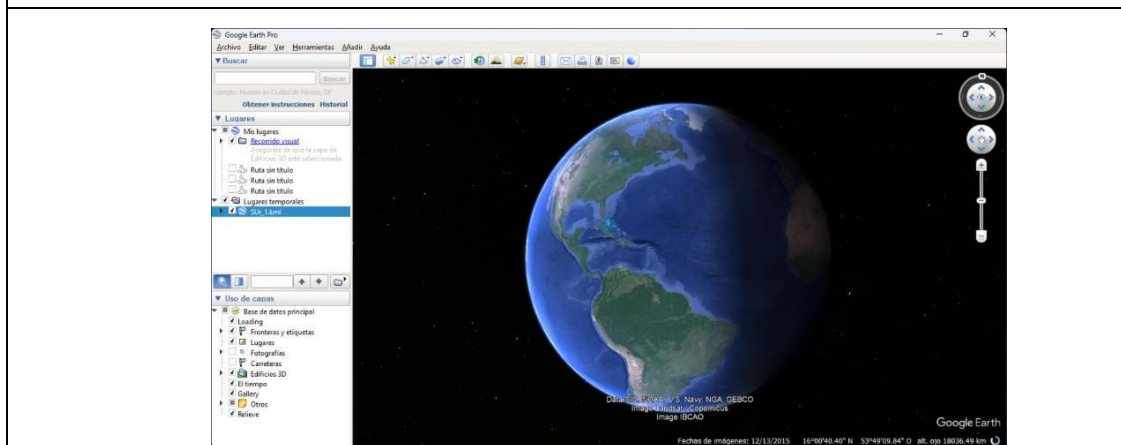
14:18

Paúl Sánchez
SECRETARIA

Anexo 2 Instrumentos utilizados



Elaboración de los modelamientos de bleve en el Software Aloha Cameo



Presentación de los resultados obtenidos en el Aloha en Google Earth



Uso de aplicativo para la obtención de coordenadas geográficas y temperatura

Anexo 3 Registro fotográfico de las Actividades de inspección realizadas en la estación Norte

	
<p>Descripción: Visita a la estación de servicio</p>	<p>Descripción: Levantamiento de información</p>
	
<p>Descripción: Levantamiento de información de la capacidad de combustible en los tanqueros</p>	<p>Descripción: Visualización del mapa de riesgos de la estación de servicio</p>



Descripción: Levantamiento de información de los tanques de almacenamiento de la estación sur



Descripción:
Verificación de la caducidad de los extintores



Descripción:
Visualización de la llegada del tanquero.

Anexo 4 registro fotográfico de las Actividades de inspección realizadas en la estación Sur

	
<p>Descripción: Visita a la estacion norte</p>	<p>Descripción: Levantamiento de informacion de los tanques de almacenamiento en la estacion norte</p>
	
<p>Descripción: Verificacion de la caducidad de los extintores en la estacion norte</p>	<p>Descripción: Levantamiento de informacion de los tanques de almacenamiento en la estacion norte</p>

	
<p>Descripción: Llegada del tanquero</p>	<p>Descripción: Reabastecimiento en los tanques de las estaciones</p>
	
<p>Descripción: Levantamiento de información de los tanques de almacenamiento en la estación norte</p>	<p>Descripción: Visualización del alcantarrilado de las estaciones</p>

Anexo 5 Registro fotográfico de las tutorías realizadas



Descripción:

Tutorías impartidas por el tutor para el avance de resultados

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO
TESIS BLEVE.docx

AUTOR
Bryan Chimborazo

RECuento DE PALABRAS
20383 Words

RECuento DE CARACTERES
108210 Characters

RECuento DE PÁGINAS
101 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO
12.6MB

FECHA DE ENTREGA
Oct 18, 2023 12:48 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME
Oct 18, 2023 12:49 PM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

Reporte de similitud

● 9% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	1library.co Internet	1%
2	usermanual.wiki Internet	1%
3	dspace.esPOCH.edu.ec Internet	1%
4	repositorio.upla.edu.pe Internet	<1%
5	dspace.espol.edu.ec Internet	<1%
6	slideplayer.es Internet	<1%
7	coursehero.com Internet	<1%
8	PROAMSA CONSULTING GROUP SAC. "Actualización del EIA de la Pla... Publication	<1%
9	es.slideshare.net Internet	<1%





SINDICATO DE CHOFERES PROFESIONALES DE BOLÍVAR "UNIÓN Y PROGRESO"

Acuerdo Ministerial N° 5490 del 22 de febrero de 1960. Registro N° 15.
Filiat: Federación Nacional de Choferes del Ecuador

Oficio Circular Nro. 007 – SCHPB-2023

MEMORANDUM

PARA: Estaciones de Servicio Norte y Sur
DE: Sr. Mario Sánchez – Secretario General
FECHA : Guaranda, 7 de junio del 2023

ASUNTO: Autorización a estudiantes UEB para que desarrollen su trabajo investigación

Me dirijo a ustedes con el fin de informarles que el Sindicato de Choferes Profesionales de Bolívar, autorizó el ingreso a las Gasolineras, a los estudiantes de la carrera de Administración de Desastres para que desarrollen su trabajo de investigación, en el periodo de mayo - septiembre del 2023, de las siguientes personas:

- Bryan Chimborazo,
- Anderson Linares
- Ing. Paul Sánchez.

Por tal razón solicitamos que les faciliten lo necesario para que desarrollen su trabajo.

Le agradezco por la atención brindada a la misma.

Atentamente,

Sr. Mario Sánchez Andrade
SECRETARIO GENERAL SCHPB

