



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Fecha: 24/09/2025

C. Jesús Alexis Sánchez Pérez

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Análisis de riesgo por el manejo de Gas L. P. en el Instituto de Ciencias Biológicas, de la
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

En la modalidad de: Informe técnico

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Mtro. Ulises González Vázquez

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Firmas:

Cop. Expediente



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME TÉCNICO

**ANÁLISIS DE RIESGO POR EL MANEJO DE GAS L. P. EN EL
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, UNIVERSIDAD DE
CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**

**PARA OBTENER TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA

JESÚS ALEXIS SÁNCHEZ PÉREZ

DIRECTOR

DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ RAMOS

CODIRECTORES

MTRO. ULISES GONZÁLEZ VÁSQUEZ

DR. RUBÉN ALEJANDRO VÁZQUEZ SÁNCHEZ

TUXTLA GUTIÉRREZ

SEPTIEMBRE, 2025

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
III. JUSTIFICACIÓN.....	6
IV. OBJETIVO	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	7
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	7
V. ANTECEDENTES	8
VI. MARCO TEÓRICO.....	12
6.1 LEYES Y NORMATIVIDAD	12
6.2 MARCO NORMATIVO.....	13
6.2.1 Normas oficiales mexicanas SEMARNAT.....	13
6.2.2 Normas oficiales mexicanas del manejo de Gas LP.....	14
6.2.3 Normas oficiales mexicanas de la seguridad y la salud en el trabajo	15
6.3 CONCEPTOS	16
6.3.1 Ley de hidrocarburos conceptos obtenidos	16
6.3.3 definiciones del riesgo:.....	17
ANÁLISIS DE RIESGO	17
ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS.....	18
ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO:	18
QUE ES EL RIESGO	18
QUE ES EL PELIGRO:	18
TIPOS DE PELIGRO	19
PELIGRO FÍSICO:.....	19
PELIGRO MECÁNICO.....	19
PELIGROS TÉRMICOS:.....	19
PELIGROS REDUCIDOS POR LAS RADIACIONES	19
RIESGO RESIDUAL.....	19
RIESGO TOLERABLE.....	20

SALVAGUARDA	20
SISTEMA INSTRUMENTADO DE SEGURIDAD	20
SUSTANCIA EXPLOSIVA	20
SUSTANCIA INFLAMABLE:	20
SUSTANCIA PELIGROSA:	20
SUSTANCIA TÓXICA:	20
6.3.4 fases para realizar un análisis de riesgo:	21
AMENAZA:	21
ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO (ARP):	21
ANÁLISIS PRELIMINAR DEL PELIGRO:	21
CASO ALTERNO:	21
CASO MÁS PROBABLE	21
6.3.5 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS:	25
PELIGROS POTENCIALES	25
CONTROL DEL RIESGO	25
6.3.7 CONCEPTO DE LA METODOLOGÍA	27
WHAT IF? (¿qué pasa sí?):	27
Índice de DOW de incendio y explosión:	27
Software ALOHA:	27
6.3.8 UBICACIÓN DEL PROYECTO	28
6.3.9 Clima	28
6.3.10 hidrología	29
6.3.11 Fauna	30
6.3.12 Flora	31
VII. METODOLOGÍA:	31
VIII. RESULTADOS	38
8.1.2 población vulnerable a la zona de amenaza	39
8.2. Medidas de seguridad para el antes, durante y después de una eventualidad.	41
VIII. ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN	55
REFERENCIAS	56

I. INTRODUCCIÓN

El Gas LP es una mezcla conformada principalmente por propano y butano. En el proceso de comercialización se hace necesario el Gas en grandes tanques que es distribuido en cilindros. El transporte de estas sustancias químicas son un fenómeno cotidiano que puede llegar a ser peligroso para la salud y la vida humanas e igual en el medio ambiente (Lavado. Q, 2023).

Ha sido usado para fines industriales y domésticos desde el inicio del siglo XX. Descubierto como subproducto de petróleo en el año 1900, comenzó a ser utilizado para sustituir la quema de la leña para la calefacción. Fue utilizado inicialmente en las industrias, pero con el paso del tiempo se empezó a implementar su uso también en vehículos. El aumento de equipos de transporte fue consecuencia de mayor disponibilidad de este combustible en los años 50's. Posteriormente, y con el posicionamiento del petróleo como combustible dominante sobre el carbono, se empezó a expandir el uso de almacenamientos de Gas LP dentro de las actividades domésticas (Picon & Solano, 2024).

El análisis del riesgo es definida por La Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente, como el documento que integra la identificación de peligros, evaluación y Análisis de Riesgos de Procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática y consistentemente los Escenarios de Riesgo generados por un Proyecto e Instalación, así como la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, Salvaguardas y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad y consecuencias de los Escenarios de Riesgo identificados (Gobierno de España, 2015).

La demanda nacional mensual promedio estimada en México del Gas LP es de 750,000 toneladas; aproximadamente el 60% corresponde al consumo doméstico (450,000 toneladas), 15% a la industria (112,500 toneladas), otros 15% a comercios y servicios, y el restante 10% (75,000 toneladas) a transporte. La comisión reguladora de energía en temas de transporte de gas por medios distintos a ductos comprende la actividad de recibir, entregar y en su caso conducir por medio de camiones, sin que conlleve su energización o comercialización (Morales & Alcántara, 2022).

En la actualidad se emplea el análisis de riesgo como un conjunto de estrategia que completan desde estudio cuidadoso del fenómeno hasta la aplicación de medidas preventivas y correctivas para minimizar los efectos indeseados para evaluar los diferentes niveles de exposición al riesgo que da el fenómeno particular estudiado representa. Se logra así, gracias al mayor conocimiento y comprensión del fenómeno,

evaluar situaciones, acciones y consideración que permitan incrementar la seguridad y la certeza en el proceso estudiado (López, 2013).

El manejo del Gas LP es comúnmente utilizado ya sea en las casas habitación, empresas e institutos, es utilizado para realizar actividades y trabajos como fuente de energía. La manipulación y almacenamiento incorrecto de este producto puede generar riesgos importantes o amenazas, como una posible explosión, lo que pone en peligro la seguridad de las personas. La realización del análisis de riesgo permitirá identificar los factores de riesgo en las instalaciones del tanque con el fin de establecer medidas de seguridad presente por la amenaza de una posible explosión.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

México es el principal consumidor de Gas LP a nivel mundial. una gran parte de este combustible es consumido en los hogares, hasta donde es transportado principalmente por dos vías: mediante cilindros portátiles y tanques, diariamente se efectúa 1,000,000 de entrega del producto (López et al., 2010).

El propano tiene un efecto muy importante en la formación de ozono; dada las altas concentraciones de propano y butano encontrado en el aire. Por ello es importante y fundamental realizar estudios experimentales que genere conocimiento sobre el efecto en la formación de ozono de diferentes formulaciones del gas a distintas concentraciones para así poder establecer su contribución.

En la ciudad de México se han encontrado altos niveles de propano y butano en la atmosfera que es generado por el mismo producto. Por lo que se considera que existen altas emisiones de Gas LP, siendo necesario conocer cuál es la influencia de estos compuestos. Esto motivado Pemex Gas que financie estudios que permite conocer esta problemática y dar soluciones inmediatas (Sandoval et al., 2000).

Una probabilidad de riesgo que puede ocasionar una explosión es en caso de un incendio, que se genera dentro de sus laboratorios, dentro de ese laboratorio puede haber una fuga de Gas y una chispa de calor puede provocar un incendio causando quemaduras de diversos grados de severidad dependiendo la explosión o radiación térmica, cuya magnitud depende de la intensidad del calor radiado (Gilces, 2020).

En caso de una fuga en las instalaciones en el almacenamiento del gas puede provocar una nube de vapor tóxico, esto puede llegar a cubrir toda el área dañando la vida de las personas por inhalaciones de gases

tóxico. En un área apartada como en la cafetería que usan el Gas LP para cocinar, el fuego de la estufa puede provocar un incendio, causa por el vapor del gas emitido en el área de biología.

En la instalación de proceso suele existir una interrelación entre riesgo y los factores causales, que desencadena el evento, provoca diferentes niveles de peligrosidad y gravedad de las consecuencias. El estudio de seguridad de este proceso se requiere contar con un equipo capacitado que conozca las características y funcionamiento del proceso y las instalaciones. Esto para prevenir el riesgo del uso del gas (Alcántara, M, 2014).

El Gas LP es e igual ampliamente utilizado en instituciones educativas en este caso dentro del instituto de biología, el gas es utilizada parar realizar prácticas dentro del laboratorio. Si embargo, su manejo inadecuado representa un riesgo significativo para la integridad física de los estudiantes, docentes y personal administrativo, así como la infraestructura del instituto.

Dentro del instituto de biología, UNICACH, se utiliza el gas de manera cotidiana, sin embargo, no se cuenta con un análisis sistemático y actualizado de los riesgos asociados a su almacenamiento, distribución y uso. La ausencia de una evaluación de riesgo puede derivar en fugas, explosiones o incendios, poniendo en peligro la seguridad la comunidad educativa.

III. JUSTIFICACIÓN

Dentó de los laboratorios del instituto de biología, UNICACH, el gas es utilizado como fuente de energía en diversas operaciones dentro del laboratorio, incluyendo esterilización, calentamiento de muestras y procesos experimentales que se requiere llama directa o calor controlado.

Es conveniente tener una seguridad del manejo del Gas LP, por ser altamente inflamable y puede formar mezclas explosivas como el aire. Hay que tener una buena manipulación para evitar los riesgos de perjudicar la salud y el ambiente.

Existen reglas y Normativas para el manejo seguro, que establecen las seguridades industriales, las normas pueden evitar sanciones y posibles responsabilidades legales. Los accidentes ocasionados por el uso de productos peligrosos que puede causar daños materiales significativos a propiedades, para prevenir hay que tener prácticas de manejo para reducir el riesgo.

Los tratamientos de problema relacionados por el gas se implementa medidas que aseguran su seguro y eficiente, realizar mantenimientos de los tanques, cilindros y las tuberías para evitar cualquier tipo de riesgo.

Tener una instalación adecuada, es cumplir con las normas que especifica las instalaciones, incluyendo el uso de equipos y la correcta ubicación de tanques y tuberías. Mediante la seguridad, es necesario tener instalaciones de alarmas para identificar problemas rápidamente y tomar medidas correctivas.

Estas reglas cubren con las principales razones para el manejo seguro. Es crucial para garantizar la seguridad de las personas, proteger el medio ambiente y mantener la eficiencia operativa. Implementar practicas seguras, cumplir con la normativa y proporcionar capacitación adecuada son medidas fundamentales para mitigar riesgos y asegurar un uso responsable de esta importante fuente de energía (Arce, A. M, 2002).

IV. OBJETIVO:

Realizar un análisis de riesgo por el manejo de Gas LP en el Instituto de Ciencias Biológicas, UNICACH.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar la visita del lugar con la finalidad de verificar las instalaciones del Gas LP.
- Realizar una simulación de efecto catastrófico por el manejo de Gas LP.
- Aplicación de medidas de seguridad para el antes, durante y después de una eventualidad (evento catastrófico)

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué medidas deben implementarse en el área para garantizar un mejor manejo de Gas LP?

V. ANTECEDENTES

El manejo de combustibles representa riesgos inherentes debido a su característica física química, lo que hace fundamental la implementación de análisis de riesgo en su manipulación, almacenamiento y transporte.

El almacenamiento y distribución de propano, sin que existan de promedio las condiciones de seguridad industrial, operaciones adecuadas en las áreas de almacenamiento de gas y sin que las actividades se a cabo por personal capacitado, puede provocar un incidente con consecuencias fatales en las personas y construcciones que se encuentran en el área. Requiere un buen manejo con responsabilidad acorde a los escenarios de riesgo que puedan ocurrir.

Los compuestos del Gas LP puede variar de acuerdo al clima donde es producido, pudiendo presentar altas concentraciones de propano y propenos en climas fríos, y de butano y buteno en climas cálidos (Quintero et al., 2022).

Se realizaron diversos estudios de análisis de riesgo donde identificaron los posibles escenarios de riesgos presentes en las instalaciones y que puedan causar un incidente o accidente. Se determinaron los radios de afectación por inflamabilidad y explosión, determinando que existen consecuencias al personal, la población, las instalaciones y el medio ambiente.

Estudios de López, L (2013). El transporte de sustancias químicas es un fenómeno cotidiano y es bien conocido como materiales peligrosos, puede tener efectos adversos sobre la salud o la integridad física de las personas.

En el presente desarrollo se aborda el problema de la evaluación de riesgos por transporte de materiales peligrosos con una perspectiva que difiere de los acercamientos a la fecha comúnmente realizados.

Su objetivo es desarrollar una metodología de evaluación de riesgos del tipo jerarquización relativa al transporte del Gas LP, donde en la tabla 1, se muestran los resultados.

Tabla 1. Escala de referencias.

Intervalo de calificación final de riesgo.	Categorías.
37-300	Despreciable
301-400	Riesgo aceptable
401-500	Riesgo bajo
501-600	Riesgo moderado
601-700	Riesgo elevado
701-800	Riesgo mayor
801-Mayor	Riesgo inaceptable

Estudio de Irujo, R (2014). El Gas LP representa más de la mitad de consumo de energía primaria de la humanidad. La seguridad de las personas o sus propiedades es una de las metas primordiales de las instalaciones industriales donde existen las posibilidades que un accidente cause explosiones, incendios o derrames del Gas LP.

Para fines del presente trabajo (riesgo), se define como la medida de probabilidad y magnitud de un evento perjudicial, que es válida para un sólo periodo de tiempo especificado. El análisis de riesgo es un proceso sistemático de identificación y análisis cuantitativo y cualitativo de la probabilidad y magnitud asociadas a un sistema.

Los componentes principales de la investigación son del tipo documental resultando esencial conocer todo los aspectos, conceptos y términos que se encuentra relacionado con el tema. Se realizó un análisis sistemático con el propósito de explicar sus causas y efectos. Los datos de interés fueron recogidos en forma directa de la realidad, en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios.

Un esquema de diseño de investigación es lo siguiente:

- a) Entrevista al personal dentro de su área de trabajo sobre los peligros y riesgos asociados en el sistema de distribución de gas.
- b) Identificación de riesgo y sus medidas de control existentes.
- c) Evaluación de riesgos a través de puntajes asignados a la probabilidad del riesgo y su consecuencia en el personal y el patrimonio de la empresa.
- d) Establecimiento de medidas de control.

Estudios de Morales et al (2022). Tiene por tema, determinación de área de afectación generada por la explosión de una pipa cargada con Gas LP. donde obtuvieron resultados realizando una modelación utilizando ecuaciones numéricas y modelación utilizando el programa ALOHA, para determinar la dimensión, duración y altura del firewall.

Los datos de simulación mediante el programa ALOHA fue comparado por el daño real que causo la explosión de la pipa, concluyendo que el origen del accidente fue ocasionado por la imprudencia del conductor al manejar a alta velocidad y no aplicarse a la distancia mínima de 20 metros del derecho de la vía en el tramo carretero afectado.

El área de afectación máxima obtenido por el programa ALOHA es de 777 metros, mientras que con los cálculos algebraicos se determinó una distancia de 600 metros en el reporte periodísticos, el área de afectación se delimito aproximadamente 2000 metros, lo cual se debió a la contención que ejercieron las casas y los edificios.

Propiedades y uso del Gas LP estudios de Rodríguez, A (2000). Menciona el origen del Gas LP, pueden ser remontados millones de años hacia atrás, pues se encontraban en depósitos en forma de materia orgánica que se encuentran debajo de capas de rocas y arena, las cuales fueron transformadas por calor y presión natural en petróleo. El petróleo este compuesto por hidrocarburos y estos a su vez están compuestos por dos elementos hidrogeno y carbono.

El hidrogeno es un gas incoloro y es una sustancia ligera que abunda en el agua, en organismo vegetal, animal y en petróleo. El carbono es un elemento que se encuentra en plena naturaleza, animal y minerales, al unirse el hidrogeno con el carbono forman hidrocarburos, al realizar mezclas pueden existir tantas combinaciones que sus estructuras varían ocasionando comportamientos distintos.

La hoja de datos de seguridad para sustancias químicas, el Gas LP de PEMEX GAS y PETROQUÍMICA BÁSICA, mencionan que el propano y butano, a una temperatura y a una presión ordinaria, se encuentra en estado gaseoso y no se debe considerar como tóxico sino como un asfixiante simple que tiene propiedades literalmente anestésicas y que en las altas concentraciones producen mareos, así también no trae consecuencias carcinogénicas, mutagénicas y ningún tipo de problemas con efecto tóxico.

Estudios de López et al., (2010). Tiene por título, integración de bases de datos de accidentes durante el transporte de Gas LP, sustento para un estudio de evaluación de riesgo. Donde se planteó y desarrollo una integración de una Base Nacional de datos de accidentes durante el transporte de gas, que facilito a desarrollar cálculos de evaluaciones de riesgo realistas que permiten el estudio de serio y sistemático de los factores que influye sobre la seguridad en el transporte de materiales peligrosos, específicamente de gas en México.

Se registraron un total de 256 accidentes para un periodo de 12 años (1998-2008), la información se ordenó de acuerdo con las categorías arriba mencionadas. En cada uno del reporte se procuró obtener el máximo posible de información relevante. Aun así, se tiene una falta aproximada de información del 39.5% (número de casillas en blanco entre el total de casillas, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Valores destacables de la Base Nacional de datos de accidentes durante en transporte de Gas LP.

Total, de accidentes reportados en la base, en México	256
Total, de accidentes reportado en la base, en la ZMCM	91
Actividades de transito	81
Volcadura/fuga o derrame	83/54
Incendio/explosión o flamazo	32/44
% accidentes iniciados por causa de la unidad:	30%
Del personal:	50%
De la ruta:	8%

VI. MARCO TEÓRICO

El Gas LP se obtiene mediante la refinación de derivados como gasolina y gas natural, en este proceso del gas se encuentra en forma de vapor, después es comprimido y enfriado para pasarlo a estado líquido. Su uso puede ocasionar varios riesgos, para ello planteamos el uso de las normatividades que mencionaremos en lo siguiente, y las diferentes definiciones de los tipos de riesgos que pueda haber (Saa Zambrano, D. J., & Valero Pérez, F. D. 2024).

6.1 LEYES Y NORMATIVIDAD

- LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN DEL AMBIENTE,
- Mencionado en el capítulo VI, artículo 151. La responsabilidad del manejo y la disposición final de los residuos peligrosos recaen en quien los genera. Si se contrata servicios de manejo y disposición con empresas autorizadas por la SEMARNAT, la responsabilidad por las operaciones será por esta empresa, sin perjuicio de la responsabilidad del generador. Quienes generen, reúsen o reciclen residuos peligrosos deben informarlo a la SEMARNAT conforme al reglamento.
- LEY DE HIDROCARBUROS,
- En México, publica el 18 de marzo de 2025, establece un nuevo marco regulatorio para la industria de hidrocarburos en el país. Esta ley reemplaza la anterior ley de hidrocarburos de 2014 y responde a las reformas constitucionales de 2024 que refirieron las áreas y empresas estratégicas del estado.
- En el país de México, regula las actividades relacionadas con la explosión, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de los hidrocarburos (como el petróleo y el gas natural).
- LEY DE LA AGENCIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE SECTOR DEL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS, su función es regular y supervisar la seguridad industrial, la seguridad operativa y la protección del medio ambiente en las actividades del sector hidrocarburo. Esto incluye la regulación de la explosión, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, así como la gestión de residuos peligrosos generados por estas actividades.

- SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS,
- La regulación de las actividades altamente riesgosas, está completamente en la ley general de equilibrio ecológico y protección del ambiente, como asunto del alcance general de la nación o del interés de la federación. En el artículo 4. Establece las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas se deben considerar en altamente riesgosas sobre la producción, procesamiento, transporte y almacenamiento.

6.2 MARCO NORMATIVO:

6.2.1 Normas oficiales mexicanas SEMARNAT

- NOM-041-SEMARNAT-2025, establese los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
- NOM-056-SEMARNAT-1993, establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras completamente de un confinamiento controlado de residuos sólidos.
- NOM-001-SESH-2014, plantas de distribución de Gas LP, diseño, construcción y condiciones seguras en su operación.
- NOM-EM-003-SECRE-2012, diseño, construcción, seguridad, operación y mantenimiento de Gas LP mediante plantas de depósito o planta de suministro que se encuentra directamente vinculados a los sistemas de transporte o distribución por ducto de Gas LP.

- NOM-004-SEDG-2004, instalaciones de aprovechamiento de Gas LP, diseño y distribución.
- NOM-013-SEDG-2002, evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de pulso-eco, para verificación de recipiente tipo no portátil para contener Gas LP.

6.2.2 Normas oficiales mexicanas del manejo de Gas LP

- NOM-018-ASEA-2023, planta de distribución de Gas licuado de petróleo, esta norma establece especificaciones técnicas para el diseño, construcción y condiciones seguras de la operación de las plantas de distribución de Gas LP.
- NOM-017-ASEA-2023, instalación de almacenamiento de Gas licuado de petróleo.
- NOM-003-SEDG-2004, estación de Gas LP para carburación, diseño y construcción.
- NOM-213-SCFI-2018, recipientes portátiles y recipientes trasportables sujeto a presión, para contener Gas licuado de petróleo.
- NOM-002-SESH-2009, define los requisitos para el diseño, construcción y operación de bodegas de Gas LP.
- NOM-007-SESH-2010, vehículos para el transporte de Gas licuado de petróleo.

6.2.3 Normas oficiales mexicanas de la seguridad y la salud en el trabajo

- NOM-002-STPS-2000, condiciones de seguridad prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
- NOM-018-STPS-2000, sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

6.3 CONCEPTOS

Conceptos y fases de riesgo que serán utilizados para desarrollar el análisis de riesgo, que son considerados por las leyes y las normas.

6.3.1 Ley de hidrocarburos conceptos obtenidos:

Almacenamiento: proceso de guardar gas natural o Gas LP en instalaciones especiales, con el fin de garantizar su disponibilidad continua, gestionar la demanda y estabilizar el suministro (Correa & Castrillón, 2008).

Distribución: la distribución de gas consiste en el transporte a través de ductos, desde el centro de almacenamiento o redes de transporte, hasta los usuarios finales, a través de redes locales diseñadas para operar a presión más baja y segura (CRE, 2018).

Expendio al público: la venta al menudeo directa al consumidor de gas natural o petróleo, en instalaciones con fin específico incluyendo en las cosas habitaciones (CRE, 2018)

Hidrocarburos: compuesto orgánico que contiene carbono e hidrógeno

Permisarios: en México, los periciarios de gas son personas físicas o morales que han obtenido una autorización oficial para realizar actividades específicas en el sector energético, particular en la distribución y comercialización de Gas LP y Gas natural. Estas actividades están reguladas por (CRE) conforme a la ley de hidrocarburos.

Petroquímicos: compuestos químicos derivados de petróleo o de gas natural que sirve como materia prima para la fabricación de una gran variedad de productos en la industria química y la transformación.

Sistema integrado: almacenamientos interceptados de sistema de transporte por ductos, agrupados para efectos tarifarios y que cuentan con condiciones generales para la prestación de servicios que permiten la coordinación operativa entre las diferentes instalaciones.

4.3.2 Ley de la agencia nacional de seguridad industrial y protección al medio ambiente del sector hidrocarburo:

Emergencia: situación imprevista que requiere una acción inmediata para evitar consecuencias graves, ya sea para la vida humana, medio ambiente o bienes materiales (OPS, 2020).

Evaluaciones estratégicas: proceso fundamental dentro de la gestión organizacional y planificación estratégica. Se refiere al análisis sistemático de las estrategias implementada por una organización para determinar su efectividad en el logro del objetivo propuesto y si es necesario realizar ajustes o rediseños (David & David, 2017).

Externalidades: impactos positivos y negativos que genera la provisión de un bien o servicio y que pueden afectar a una tercera persona o al medio ambiente. Una actividad económica que afectan a terceros, sin que esos efectos se reflejan directamente al precio del mercado (Mankiw, N. 2021).

Regulados: personas, actividades, productos o servicios que estén sujetos a normas, leyes o disposiciones establecidas por una autoridad competente, con el fin de controlar su funcionamiento, calidad, impacto social o económico (Ross, 2007).

Seguridad industrial: formado de parte integral de la gestión de riesgos en las organizaciones, especialmente en sectores donde se maneja materiales peligrosos, maquinaria pesada, altas temperaturas, productos químicos o procesos autorizados. Se encarga de identificar, evaluar y controlar los factores de riesgos presentes en el proceso industrial mediante inspecciones, capacitaciones, protocolos de emergencia y el cumplimiento de normas nacionales e internacionales (Chiavenato, 2009).

Seguridad operativa: implica prevenir incidentes, minimizar riesgos y mantener la continuidad de las operaciones. A diferencia de la seguridad industrial, que se enfoca en ambiente físico de trabajo, la seguridad operativa se concentra más en la ejecución segura del proceso, el comportamiento humano, la fiabilidad de los sistemas técnicos y la coordinación de tareas que podrían implicar riesgos si no se realizan correctamente (Reason, J. 1997).

6.3.3 definiciones del riesgo:

Análisis de riesgo: Consiste en identificar los riesgos que conllevan una introducción propuesta evaluando cada uno de ellos. El análisis de riesgo significa examinar minuciosamente la magnitud y la

índole de los posibles efectos negativos, para reducir los riesgos y contemplar alternativas a la introducción propuesta (Silva, A., Contreras, R., & Barrandeguy, M. 2022).

Es el estudio de las posibles causas de aquellas amenazas y eventos no deseados de las cuales pueden proporcionar daños y consecuencias que pueden difundir o poner en peligro de trabajo, teniendo como primer paso la identificación del peligro para posterior ser estimado, valorado y cuyo resultado dejara saber que métodos son necesarios para reducir o eliminar el riesgo, y además, los resultados por este análisis servirán de una manera fundamental como datos para el formato para la evaluación general de los riesgos.

Análisis cualitativo de riesgos: Métodos descriptivos que permiten identificar y analizar posibles peligros que pueden desencadenar eventos con potencialidad de daños a trabajadores, ambiente, a la propiedad o a terceros.

Análisis cuantitativo de riesgo: Método de ingeniería y formulaciones matemáticos, combina en información estadística de fallas y ocurrencia de eventos, para producir resultados numéricos de consecuencias de accidentes y su frecuencia a probabilidad de ocurrencia, usados para estimar riesgos a partir de los análisis cualitativos correspondientes.

Que es el riesgo: El riesgo es una probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. El riesgo se puede reducir o manejarse, se puede tomar medidas para asegurar de que la amenaza no se convierta en desastres (Zapata, 2004).

Que es el peligro: Es la amenaza o probabilidad que acontezca un fenómeno potencialmente perjudicial en una zona y en un periodo de tiempo predeterminado, los peligros pueden ser simples secuenciales o combinados ya sea en un origen que lo produce (Gómez, 2020).

Tipos de peligro: Pizarro, (2007). El conocimiento de los tipos de peligro es una suma importante y es necesario tener claro cuáles son los tipos de peligros posibles a la hora de aplicar la identificación del peligro. Hay una gran cantidad de peligros que pueden producirse, uno de ellos es:

- **Peligro físico:** El peligro físico es aquel que se produce por caída, por tropezones, resbalones o por pisos mojados, en cual puede ocurrir en el trabajo diario.
- **Peligro mecánico:** Son producidos por los diferentes partes y piezas que construyen una máquina, debido a la forma de la misma (partes, agudas, cortes, entre otras), su posición relativa que da lugar a zonas de atrapamiento, la inadecuada resistencia mecánica de los elementos de las máquinas.
- **Peligros térmicos:** Son los que pueden accionar quemaduras por contacto con partes a grandes temperaturas.
- **Peligros reducidos por las radiaciones:** Las radiaciones pueden llegar a producir efectos dañinos para la salud, afectando distintos tejidos del órgano, provocando desde náuseas, vómitos, irritaciones y puede provocar cáncer (Pizarro, 2007).

Riesgo crítico: riesgo que implica un peligro inminente y requiere acción inmediata para reducirse a condiciones aceptables sin el costo de su solución.

Riesgo residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo Inherente; el Riesgo Residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido.

Riesgo tolerable: Es el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad.

Salvaguarda: Dispositivo, sistema, procedimientos o programas, entre otros, destinados a proteger la seguridad física integral de las personas, el medio ambiente o la Instalación.

Sistema instrumentado de seguridad: Es un Sistema de Seguridad que tiene implementadas una o más funciones de cualquier combinación de sensores (elementos primarios), controlador lógico y elementos finales.

Sustancia explosiva: La que genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión de manera espontánea o por acción de alguna energía.

Sustancia inflamable: Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición

Sustancia peligrosa: Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas y a las Instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión.

Sustancia tóxica: Aquella que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, alteraciones al material genético o muerte.

6.3.4 fases para realizar un análisis de riesgo:

Amenaza: Acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al personal, población, medio ambiente, instalación, productos, otros.

Análisis de riesgo de proceso (ARP): Aplicación sistemática de una o más metodologías específicas para identificar peligros y evaluar los riesgos de un proceso o sistema con el fin de determinar los escenarios de riesgo.

Análisis de riesgo para el sector hidrocarburo: documento que integra la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgo de procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática y consiste mente los escenarios de riesgo generados por un proyecto o instalación, así como la existencia de dispositivos, sistemas de seguridad, salvaguardar y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad o consecuencia de los escenarios de riesgos identificados; incluye el análisis de la interacción de riesgo y vulnerabilidad Asia el personal, población, medio ambiente, instalaciones y producción, así como las recomendaciones o medidas de prevención , control, mitigación o compensación para la reducción de riesgos a un nivel tolerable.

Análisis preliminar del peligro: es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles riesgos que puedan organizar los peligros en un diseño o instalación en operación.

Caso alterno: es el evento creíble de una liberación accidental de una sustancia peligrosa que es simulado, pero no corresponde al peor caso ni al caso más probable.

Caso más probable: con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de una sustancia peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.

Efecto domino: también conocido como encadenamiento de eventos, es un evento asociado a un incendio o explosión en una instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobre presión, proyectiles o la radiación térmica que se genera sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma instalación o instalaciones próximas, de tal forma que pueda ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, puede nuevamente provocar efectos similares.

Escenario de riesgo: determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de las metodologías de identificación de peligro y evaluación de riesgo, en la cual se considera la probabilidad y de ocurrencia y severidad de las consecuencias y posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para simulación de consecuencias.

Estudio de riesgo: documento donde indica el escenario de riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones al medio ambiente, de tal manera mediante el uso de metodologías y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños al medio ambiente, tomando en cuenta la afectación sobre la integridad ficcional de los ecosistemas, donde se pretende desarrollar un proyecto. Tiene por objetivo determinar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, verificar la vulnerabilidad que probablemente se presente en caso de materialización de algún escenario de riesgo, así como las medidas de prevención, control y mitigación de riesgos ambientales o aquellas que se van a implementar para prevenir las causas o mitigar las afectaciones al medio ambiente. Se incorpora a la manifestación de impacto ambiental (MIA).

Estudio de riesgo ambiental: documento que indica los escenarios de riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones al medio ambiente, de tal manera que mediante el uso de metodología y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños del medio ambiente de un proyecto de operación. Tiene por objetivo determinar la zona de alto riesgo y amortiguamiento, verificar las vulnerabilidades que probablemente se presentan en caso de materialización de algún escenario de riesgo, así como las medidas de prevención, control y mitigación de riesgos ambientales.

Exposición: contacto de las personas o elementos que construyen al medio ambiente con sustancias peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o una posibilidad de una sustancia peligrosa derivado de la materialización de un escenario de riesgo.

IDLH (“Immediately Dangerous to Life or Health”, por sus siglas en inglés) inmediatamente peligroso para la vida o la salud: es la concentración máxima en el aire de una sustancia peligrosa, a la que una persona podría escapar durante un periodo de treinta minutos sin experimentar efectos irreversibles para la salud o síntomas graves que le impidan evacuar.

Peor caso: corresponde a la liberación accidental de mayor inventario de sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, sin necesidad de conocer la causa ni su probabilidad de ocurrencia.

Proyecto: actividades del sector hidrocarburos que se desarrolla o se pretende desarrollar en una o varias instalaciones, y que se encuentren vinculada a un permiso o autorización emitido por la secretaria de energía o la comisión reguladora de energía o bien, a un plan expansión o desarrollo para la extracción, aprobados para la comisión nacional de hidrocarburos.

Riesgo inherente: es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontraran riesgos para las personas o para la ejecución de actividad en sí misma. Es el riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de riesgos.

Riesgo residual: es el riesgo remanente después del tratamiento de riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de riesgos para mitigar el riesgo inherente; el riesgo residual puede contener riesgos no identificados, también pueden ser conocidos como riesgo retenido.

Riesgo tolerable: es el riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad.

Salvaguarda: dispositivo, sistema, procedimientos o programa, entre otros, destinados a proteger la seguridad física integral de las personas, en el medio ambiente o la instalación.

Sistema de seguridad: conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones de desarrollo normal de los procesos o actividades en la instalación y previenen situaciones que normalmente dan origen a accidentes o emergencias.

Sistema instrumentado de seguridad: es un sistema de seguridad que tiene implementadas una o más funciones de cualquier combinación de sensores (elementos primarios), controlador lógico y elementos finales.

Simulación: prestación de un escenario de riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistema o herramienta de cómputo, modelo físico o matemático u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dicho escenario a partir de las propiedades físicas y química de las sustancias o componentes de la mezcla de interés, en presencia de determinar condiciones y variables atmosféricas.

Sustancia explosiva: la que genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión de manera espontánea o por acción de alguna energía.

Sustancia inflamable: aquella capaz de formar una mezcla en el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición.

Sustancia peligrosa: cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga toxica) puede causar daños al medio ambiente, a las personas y a las instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión.

Sustancia tóxica: aquella que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, alteraciones al material genético o muerte.

6.3.5 identificación de peligros:

se identifica las posibles causas que pueda provocar cualquier incidente, cualesquiera posibles eventos que pueda causar daños.

Peligros potenciales: que no pueda haber fugas, incendios, explosiones, y asfixia. Una fuga no controlada en combinación con una fuente de ignición puede causar explosiones catastróficas.

Control del riesgo: se implementa medidas para la reducción del posible impacto, tener un mantenimiento de los tanques, identificar las posibles amenazas.

Vulnerabilidad: es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una amenaza en virtud de las condiciones que implementan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este.

Zona de amortiguamiento para el análisis de riesgo: área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente.

Zona de alto riesgo para el análisis de riesgo: área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del proyecto.

6.3.6 Conceptos obtenidos de la NOM- 018-ASEA-2023. Agencia nacional de la seguridad industrial y protección al medio ambiente del sector hidrocarburos.

Área de guarda de recipientes: es el lugar destinado para el resguardo de Gas LP, propiedad del mismo distribuidor, a través de recipientes portátiles o recipientes transportables sujeto a presión, para la entrega del usuario final.

Área de revisión de recipientes: lugar destinado a la revisión de condiciones físicas de seguridad de los recipientes portátiles.

Áreas de trasiego: lugar destinadas a realizar la transferencia de GLP de un recipiente no desmontable a otro recipiente no desmontable.

Dispositivos de seguridad: todas las válvulas de relevo de presión, extensión de flujo, el no retroceso de los recipientes de almacenamiento, válvula de alivio hidrostático, retroceso y de doble no retroceso.

GLP: Gas licuado de petróleo.

Múltiple de llenado: parte del sistema de trasiego localizado en el muelle de llenado para recipiente transportable que tiene instaladas varias llenaderas de recipiente portátil, transportable sujeto a presión.

Presión de diseño: el valor de la presión establecido en la fabricación de equipo, sobre las condiciones más severas de presión y temperatura esperadas durante su funcionamiento y conforme a las cuales se determinan las especificaciones más estrictas de espesor de pared y de sus componentes.

Zona metropolitana: las establecidas en el apéndice C o que cumplan con los siguientes requisitos:

- Al conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 100 mil o más habitantes, el área urbana, funciones y las actividades rebasan los límites del municipio, se incorporan dentro de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominante urbano, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómico.
- Municipios con ciudad más de 500 mil habitantes.
- Habitantes que cuentan con 200 mil o más habitantes ubicados en la franja fronteriza norte, sur y en la zona costera.
- Municipios donde se ascienden capitales establece estos últimos cuando no están incluidos en una zona metropolitana.

6.3.7 Concepto de la metodología:

WHAT IF? (¿qué pasa sí?): una forma de plantear pregunta hipotética o condicional, se utilizan para explorar posibles consecuencias, en escenarios alternos o resultados de una acción de decisión o situación. Desde una perspectiva teórica ¿Qué pasa sí? Se puede vincular con el pensamiento contrafactual, que analiza como habría sido las cosas si ciertos eventos hubieran sucedido de manera diferente (Roese, N. 1997).

Índice de DOW de incendio y explosión: es una herramienta cuantitativa de análisis de riesgo desarrollado por la empresa Dow Chemical Company, su propósito es evaluar y clasificar el nivel de riesgo inherente en instalaciones industriales y en procesos que manejan sustancias inflamables, explosivas o química reactiva (Piedra & Valdivieso, 2013).

Software ALOHA: es un programa de modelos de dispersión de gases, está diseñado para decir cómo se dispersan las sustancias químicas peligrosas en el aire durante un accidente químico, ya sea en un entorno industrial, en transporte o en una comunidad, su objetivo es apoyar los equipos de respuesta ante emergencias y a los responsables de la gestión de riesgos en la evaluación rápida y precisa de amenazas químicas atmosféricas (NOAA & EPA. 2023).

6.3.8 Ubicación del proyecto:

El área de estudio se encuentra dentro de la cabecera municipal de Tuxtla Gutiérrez, en la universidad de ciencias y artes de Chiapas, ubicado en el instituto de Biología, UNICACH.

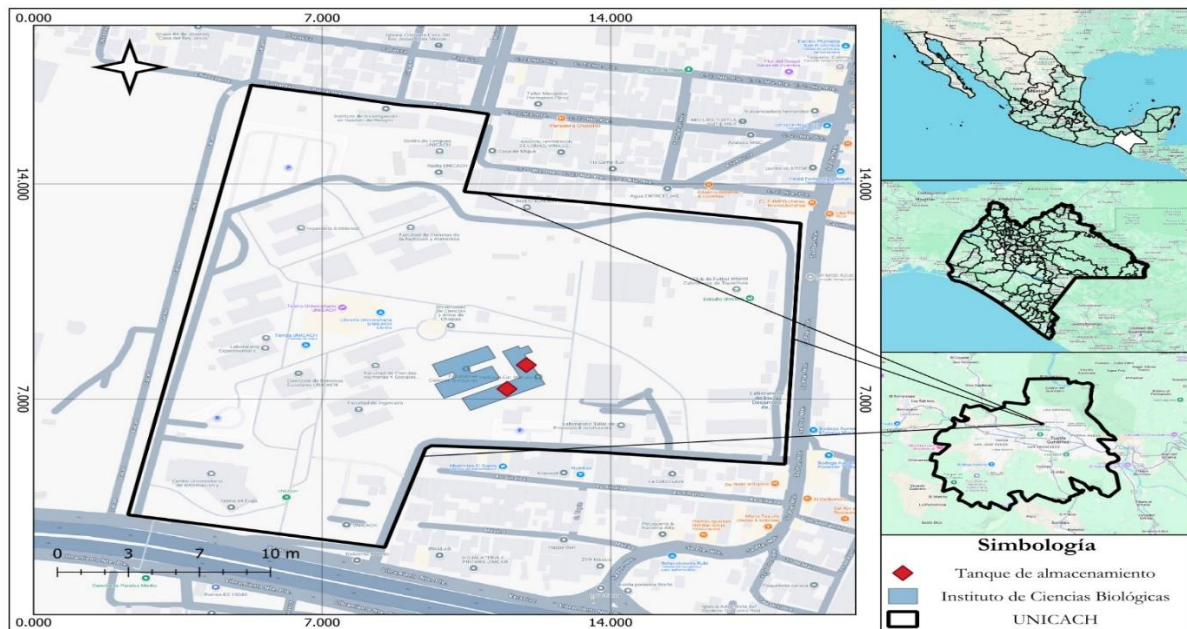


Figura 1. Ubicación del área de estudio (QGIS, 2025).

6.3.9 Clima.

En el instituto de biología de la UNICACH ubicado en el municipio de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, se encuentra en una región que presenta un clima tropical, específicamente cálido húmedo.

La temperatura es cálida en todo el año que tiene el promedio de 20°C y 30°C en los meses más cálidos se presenta entre el 35°C.

La precipitación: presenta una temporada de lluvia que se presenta en mayo a octubre, la cantidad precipitado anual puede variar, es muy comúnmente se precipita entre 1,500 mm.

La humedad relativa suele ser alta, durante las temporadas de lluvia, lo que contribuye una sensación de calor más intenso.

Su estación se define en dos, la estación de lluvia (verano) y la estación seca (invierno).

6.3.10 hidrología.

En Tuxtla Gutiérrez Chiapas se encuentra una región con características hidrológicas propias de un clima tropical húmedo.

La región esta atravesada por varios ríos de cuerpos de agua, siendo el río Grijalva uno de los más importantes, sirviendo como fuentes de agua para diversas actividades como el abastecimiento urbano.

Debido a la topografía y tipo de suelo, la escorrentía superficial puede ser significativa durante las temporadas de lluvia, esto genera la formación de pequeños arroyos y corrientes que alimentan los ríos principales.

La calidad del agua es afectada por las actividades humanas, como la agricultura, la urbanización y contaminación industrial. La hidrología de la región es significativa para la biodiversidad, ya que los cuerpos de agua albergan diversas especies de flora y fauna, muchas de ellas endémicas de la región

La hidrología en el instituto de biología de UNICACH esta influenciada por las características climáticas y geográficas de Tuxtla Gutiérrez, lo que resulta en un sistema hídrico significativo para el ecosistema local y las actividades humanas.



Figura 2. Mapa hidrográfico de Tuxtla Gutiérrez chis (INEGI, 2025).

6.3.11 Fauna

Dentro y fuera del área de estudio, el campus alberga una biodiversidad que refleja la complejidad ecológica de la región. En el área podemos encontrar varios tipos de fauna como las aves los más comunes que son vistos son los zanates que son muy comunes en el área urbana, palomas frecuentemente son vistas en la zona y los colibríes.

En el campus se presentan mamíferos los más comunes son los gatos y perros, algunas veces logramos observar la presencia de tlacuaches, zorros y murciélagos.

La región alberga una variedad de reptiles la mayoría que se generan son las lagartijas en algunas ocasiones podemos encontrar alguna iguana.

La biodiversidad de insectos es bastante, podemos encontrar o que son los distintos tipos de hormigas roja, negra y marrones. Se pueden encontrar distintos tipos de arañas dentro de la zona. Se pueden observar de igual manera las mariposas que algunas migran en la temporada de verano e igual que las abejas.

6.3.12 Flora

En el área de estudio dentro de la universidad en el instituto de biología tiene una notable cantidad de flora, ya que es un espacio como un laboratorio natural al aire libre, lo que implica mantener y fomentar una biodiversidad vegetal. La flora cumple funciones especiales en el micro ecosistema del campus: regula la temperatura y humedad del ambiente y evitar erosión de suelo

Se pueden observar el tipo de vegetación que está en la zona de estudio, podemos encontrar distintos tipos de árboles que en total se encontraron 71 árboles que están incluidos con los pinos, guanábana, limón, mango y ceiba. En caso de las plantas se encontraron lo que es el maguey agrave, palmeras y plantas Karonda.

VII. METODOLOGÍA:

El protocolo se clasifica dentro del enfoque de investigación descriptiva, ya que su objetivo es identificar, observar y detallar de manera sistemática los factores de riesgo asociados con el uso, almacenamiento, transporte y manipulación de este tipo de combustible. Permite conocer la situación actual en material de seguridad, a partir de la recopilación de datos directos mediante inspecciones visuales, visión documental y listas de verificación.

El análisis de riesgo es una investigación mixta ya que requiere la comprensión conceptual y técnica de los peligros como la evaluación numérica de su probabilidad y consecuencias. Esta metodología permite identificar y prevenir de manera eficaz los eventos peligrosos, evitar los posibles riesgos, en el medio ambiente hasta la seguridad humana y garantizar operaciones seguras de las instalaciones.

La metodología que se pretende utilizar en el estudio para realizar el análisis de riesgo es cumpliendo con el primer objetivo realizando una visita en el área de estudio donde se hará un recorrido del lugar para

realizar una inspección técnica. tomando información sobre las instalaciones de Gas LP dentro del instituto, cantidad de personas que se encuentran dentro del área y tomando en consideración las medidas de seguridad que presenta el instituto y que cuentan con el cumplimiento de la NOM-017-ASEA-2023.

Para cumplir con el primer objetivo que es la visita del lugar, se tuvo que utilizar equipos y materiales para poder llevar a cabo la investigación. Se tramito un permiso de investigación, copias de consentimiento e identificación. Con los materiales de campo se pudo realizar las notas, los apuntes y con los equipos eléctricos son los que se utilizaron para realizar el trabajo, las herramientas que se utilizaron para este trabajo son las que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Herramientas utilizadas para la investigación.

Materiales generales de campo:	Materiales administrativos:	Equipo eléctrico:	
Cuaderno de campo.	Permiso de investigación.	Teléfono móvil.	Computadora.
Lápiz, bolígrafo y marcadores.	Copias de consentimientos informados.	Cámara.	Programa Aloha.
Cinta métrica.	Identificación y acreditaciones.	GPS	Atlas de riesgo.

Para cumplir el segundo objetivo se realizó una simulación de una posible explosión utilizando el programa ALOHA, nos permitirá simular la dispersión de la sustancia, extensión dirección y concentración de la nube toxica, inflamable y explosiva considerando factores como el tipo de sustancia, condiciones metodológicas, tipo de fuga y características del terreno. El programa genera zonas de amenaza (roja, naranja y amarilla) y se integrara en otro programa como el mapa digital de México para mostrar los resultados y manejar bases de datos químicos.

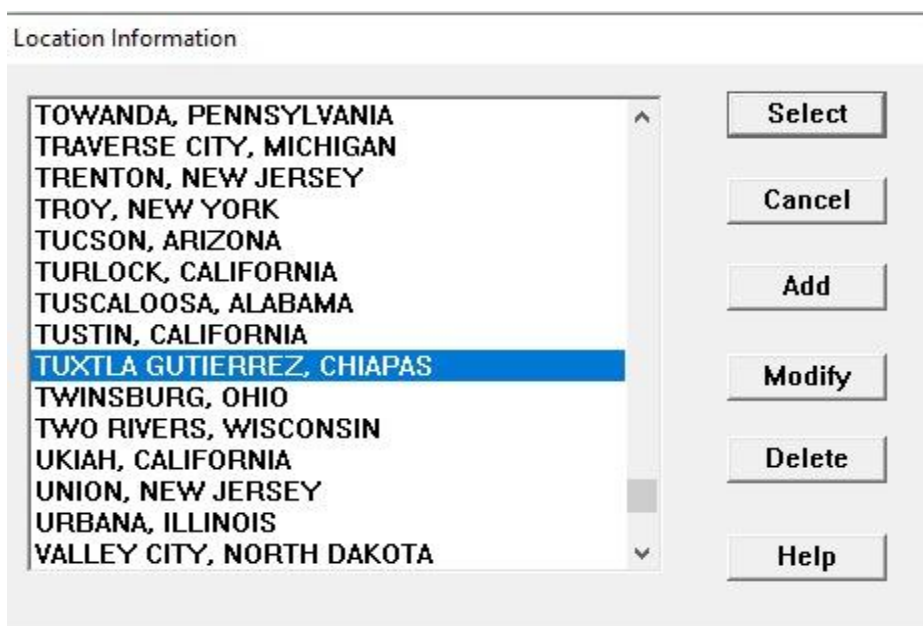
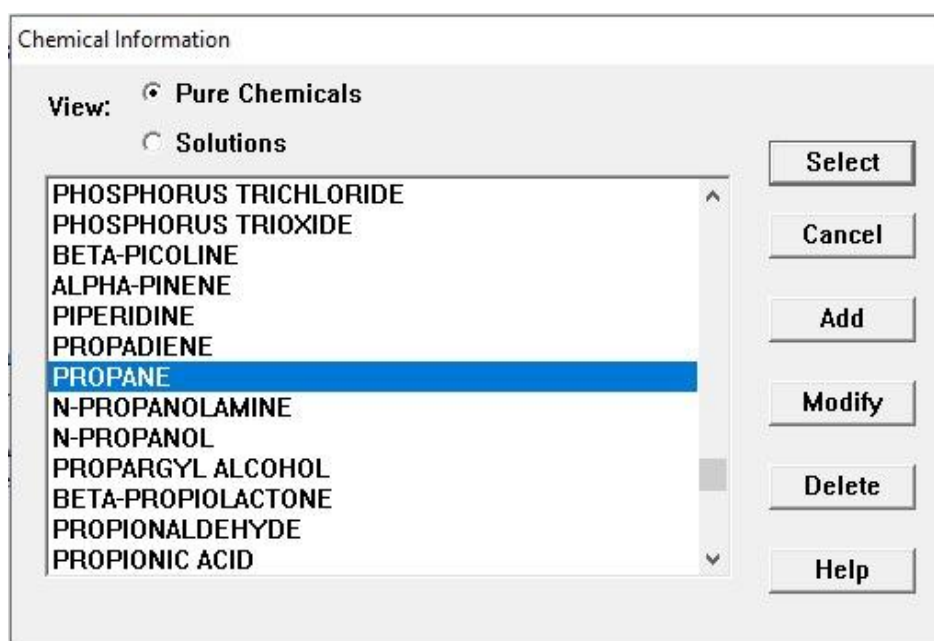


Figura 3. Definición del sitio de Tuxtla Gutiérrez.

Primer paso se definió el municipio donde se realizará la simulación en este caso fue en Tuxtla Gutiérrez.



El segundo paso fue seleccionar el tipo de combustible de el que estamos trabajando en este caso fue de propano.

Atmospheric Options

Wind Speed is : 1.11

☐ knots
☒ mph
☐ meters/sec

Help

Wind is from : 26

Enter degrees true or text (e.g. ESE)

Measurement Height above ground is: Help

☒
☐

OR

☐ enter value : 3

feet

meters

Ground Roughness is : Help

☐ Open Country

OR

☒ Urban or Forest

OR

☐ Input Roughness (Z0) :

☐ Open Water

Select Cloud Cover : Help

☒
☐
☐

OR

☐ enter value : 5

(0 - 10)

complete cover

partly cloudy

clear

OK

Cancel

Atmospheric Options 2

Air Temperature is : 38

Degrees
☐ F
☒ C

Help

Stability Class is : Help

☐ A
☐ B
☐ C
☐ D
☐ E
☒ F

Override

Inversion Height Options are : Help

☒ No Inversion
☐ Inversion Present, Height is :

feet

meters

Select Humidity : Help

☐
☒
☐

OR

☐ enter value : 75

%

(0 - 100)

wet

medium

dry

OK

Cancel

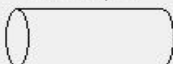
Figura 4. Definición atmosféricos.

El siguiente fue definir aspectos atmosféricos de la ciudad, nos pidió la velocidad del viento en este caso la velocidad era de 1.11 mph, el viento es de 26, el tiempo era parcialmente nublado y la atmosfera es de 38 C con el 75% de selección de humedad.

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

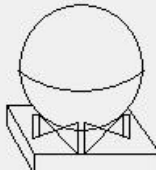
Horizontal cylinder


☒

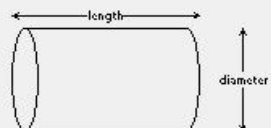
Vertical cylinder


☐

Sphere


☐

Enter two of three values:



diameter

length

volume

☐ feet ☒ meters

☐ liters ☒ cu meters

Figura 5. Tamaño y orientación del tanque.

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical:

☐ Tank contains liquid
☐ Tank contains gas only
☒ Unknown

Enter the temperature within the tank:

☒ Chemical stored at ambient temperature
☐ Chemical stored at degrees ☐ F ☒ C

Mass of Chemical in Tank

For a chemical of unknown state, the chemical mass is required

The amount of chemical in the tank is:

☐ pounds
☐ tons(2,000 lbs)
☒ kilograms

Figura 6. Estado químico y la temperatura.

Se realizo el estado químico y la temperatura que presenta el gas dentro del tanque, en este caso se seleccionó la opción desconocida para que el programa nos indica el tipo de combustible que se encuentra dentro del tanque, la capacidad del tanque es de 500 litros.

Type of Tank Failure

Scenario:
Tank containing a flammable gas.

Type of Tank Failure:

☒ Leaking tank, chemical is not burning as it escapes into the atmosphere

☐ Leaking tank, chemical is burning as a jet fire

☐ BLEVE, tank explodes and chemical burns in a fireball

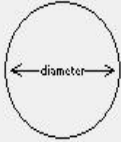
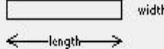
Potential hazards from flammable chemical which is not burning as it leaks from tank:

- Downwind toxic effects
- Vapor cloud flash fire
- Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

OK Cancel Help

Area and Type of Leak

Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting

☒ Circular opening ☐ Rectangular opening

Opening diameter: 5 ☐ inches ☐ feet ☒ centimeters ☐ meters

Is leak through a hole or short pipe/valve?

☒ Hole ☐ Short pipe/valve

OK Cancel Help

Figura 7. Tipo de fallas del tanque de gas.

Se selecciono el tipo de fallas que presenta el tanque en este caso se seleccionó el tanque con fuga el producto químico no se quema al escapar a la atmosfera. El siguiente fue poner el tipo de abertura que presenta el tanque, fue de forma circular de 5 cm.

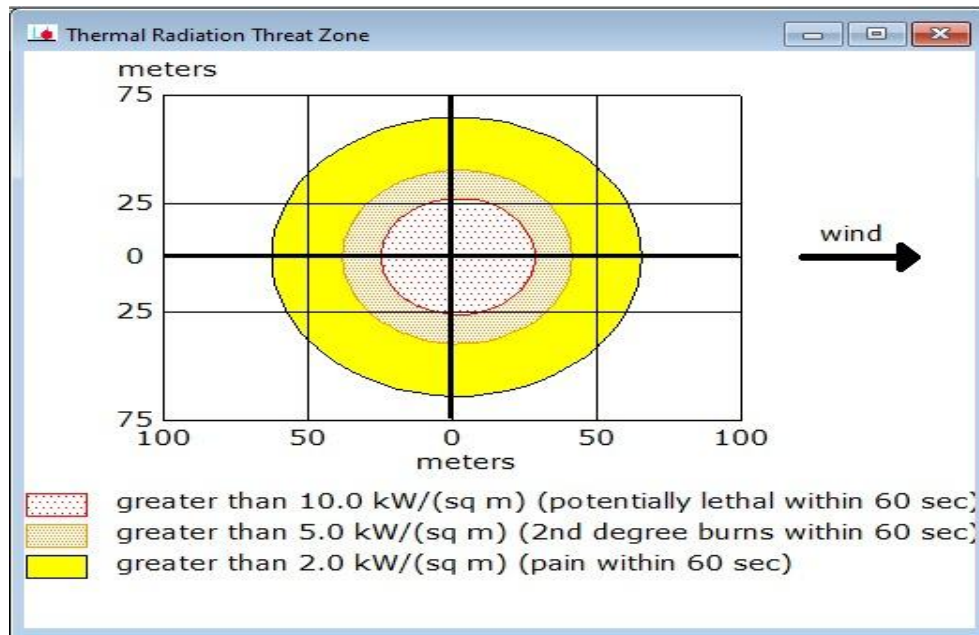


Figura 8. Radio de afectación de la zona de amenaza.

7.1 medidas de seguridad.

Se implementaron medidas de seguridad que estén dentro de la institución para que el personal sabrá cuales factores de riesgo son las que presentan y como pueden combatir o minimizar el riesgo generado, utilizando las medidas que son: medidas inmediatas ante la sospecha de Gas, evacuación inmediata, cierre de la llave de paso, ventilación de espacio, mantenimiento de la instalación, sensores y detectores de Gas.

VIII. RESULTADOS

8.1. radiación térmica por explosión BLEVE realizado del programa ALOHA.

En la simulación del programa ALOHA obtuvimos tres zonas de amenaza: roja representa una zona de amenaza de alto riesgo, naranja es una zona de amenaza media y amarilla es una zona de amenaza baja.

en los resultados se obtuvo lo que es una explosión y un efecto domino que es una serie de incidentes en cadena. Un evento inicial se produce una explosión de Gas, la onda de choque del primer evento daña al otro tanque que provoca una reacción en cadena, se generando múltiples incendios y explosiones.



Figura 9. Zonas de amenaza por la posible explosión del Gas LP. efecto domino (Google Earth, 2025).

8.1.2 población vulnerable a la zona de amenaza

Mediante el programa Atlas de riesgo nos menciona la cantidad de población que se encuentra dentro de la zona de amenaza. Total, de habitantes: 2,763, masculino: 1,303, femenino: 1,460.

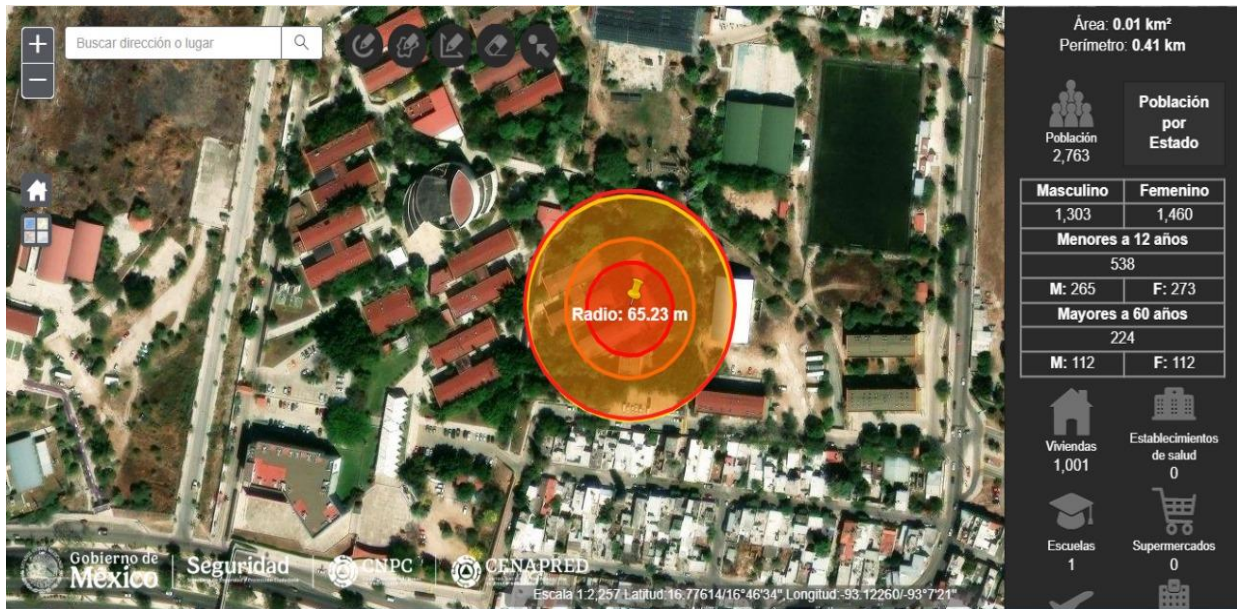


Figura 10. Población vulnerable a la zona de amenaza (atlas de riesgo).

Mediante el programa Aloha se realizó una simulación y una nube de vapor, ocasionada por una fuga de Gas, donde tomando en cuenta la dirección del viento será donde se concentrará más el vapor.

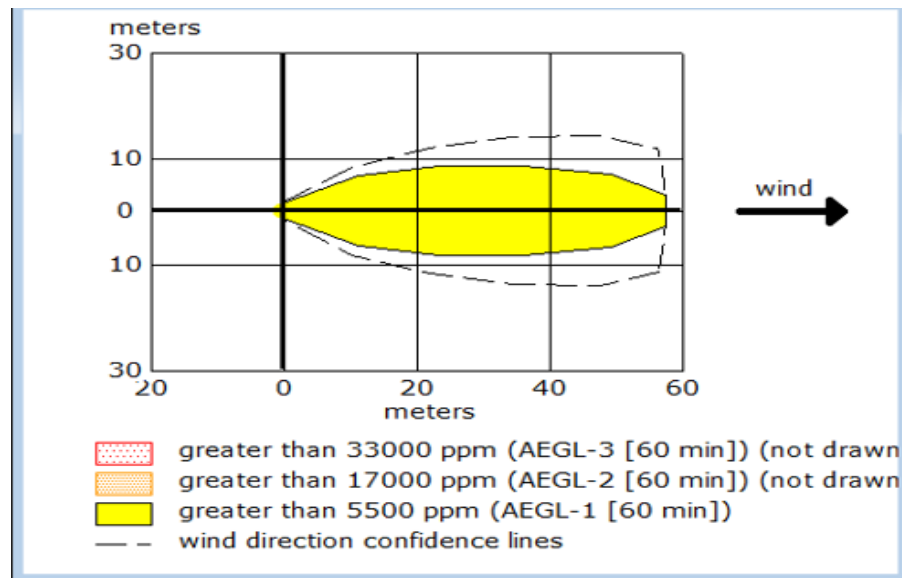


Figura 11. Radio del vapor inflamable.



Figura 12. Simulación de las nubes de vapor.

8.2. Medidas de seguridad para el antes, durante y después de una eventualidad.

Obtenidos por la NOM-026-STPS-2008 se deben poner y respetar los letreros que se encuentran dentro del área para poder prevenir eventos catastróficos.

8.2.1 Protocolo de emergencia por fuga de gas.

Fuga de Gas: se refiere a una filtración o escape no controlado del Gas natural u otro producto gaseoso, generalmente toxico e inflamable, desde una tubería u otra conducción a cualquier área donde el gas no tendrá que estar presente. Debido a que una filtración o escape pequeño pueda gradualmente convertirse en una concentración explosiva de Gas.

8.2.2 Medidas preventivas:

- Revisar que existan en los sitios donde es utilizado el Gas LP (laboratorios) el equipo de seguridad necesario, de acuerdo con la actividad que se realizaran.
- Los contenedores de Gas LP deberán identificarse, señalando sus contenidos, peligro y medidas de seguridad para su manejo.
- Verificar si las alarmas de alerta estén funcionando.
- Revisar el correcto funcionamiento del equipo de seguridad y capacitación específica sobre su correcto manejo. En caso necesario, solicitar su reparación.
- Asegurar que este a la mano la información necesaria sobre los productos que se manejan en el laboratorio, es decir, mínimo buscar, leer y en tender las hojas de seguridad, tener conocimiento sobre propiedades física y química, toxicidad, primeros auxilios, acciones en casos de fugas y derrames, tener equipos de protección y atención a emergencias.
- En su caso, solicitar el mantenimiento preventivo o correctivos a los contenedores y sustancias. Ejecutar y participar en simulacros de evacuación y de atención de emergencia.

8.3 Lineamientos del protocolo en caso de fuga de Gas LP.

8.3.1 Durante el evento:

- Mantener la calma.
- Avisar de inmediato al superior, responsable de la seguridad, o mantenimiento.
- Tu seguridad es lo más importante, NO INTERACTUAR ACTOS HEROICOS.
- Si está en condiciones de actuar, usa el equipo de respiración automática.
- No conecte ni desconecte la energía eléctrica. Puede provocar un flamazo o una explosión.
- No golpee metales para evitar chispas.
- Retirar o apagar los celulares.
- Si el olor es reducido, ubica el origen de la fuga en las conexiones con el agua jabonosa para fomentar la formación de burbuja. De ser el caso, se considera como incidente de baja peligrosidad; antes se deberá consultar con la atención a emergencia para evaluar el tipo de riesgo.
- Si la fuga proviene de un contenedor pequeño, al manipularlo procure utilizar equipos de seguridad.
- Si se presenta un olor fuerte se recomienda cerrar la válvula del Gas y se accionara la alarma de emergencia.
- Si la fuga proviene de un contenedor grande, procuren apagar los sistemas de aparatos y los mecheros que estén operando dentro del laboratorio.
- Si la fuga es grande procuren llamar las brigadas de protección civil o los servicios de emergencia de la UNAM, para así poder evacuar las personas.
- Si la fuga se presenta directamente de la válvula y se encuentra una flama, conserva la flama y tratar de controlar tomando en cuenta las siguientes recomendaciones.
 1. No intente apagar el fuego de forma violenta. La flama ira disminuyendo a medida que baje el volumen de la presión del Gas.
 2. Refresque el contenedor con un chorro de agua continuo y disperso.
 3. Permita que el fuego permanezca como una flama.
 4. Aleja del área objetos que puedan provocar un incendio.
- En caso de tratarse de un fuego de mayor dimensión, se procederá conforme al protocolo de incendios.

- Identificar plenamente los factores de riesgo potenciales.
- Es prudente ventilar abriendo puertas y ventanas para procurar la circulación del aire.
- Contar con las rutas de evacuación y los puntos de reunión previamente señalizados.
- Se acordonará el área para prevenir el cruce de personas.
- Si durante la evacuación se presenta una persona lesionada, únicamente los de protección civil pueden atenderlo ya que cuentan con la capacidad.
- El responsable de la comunicación de seguridad, deberá dar información a las personas evacuadas sobre lo notificado por el director de protección civil de la UNAM, así como el jefe de departamento de protección y combate de siniestros y el responsable de protección civil de la coordinación.

8.3.2 Después:

- Seguir las instrucciones del personal de seguridad, los brigadistas especializados en fugas para regresar al laboratorio o la persona a cargo de la atención de la emergencia de la autorización para ello.
- Una vez reparada la fuga, retomar las mismas medidas preventivas.
- Reportar dentro del periodo máximo 48 horas, el accidente a la coordinación de seguridad, para realizar el análisis del accidente.

8.4 Aplicación del método what if?

Se utilizo la técnica what if? (que pasa si?) que es utilizado principalmente en gestión de riesgos para identificar posibles problemas o fallos que podrían ocurrir en el sistema, proceso o proyecto. El meto consiste en formular preguntas hipotéticas.

Tabla 4. Método what if? De almacenamiento de Gas LP.

No.	Pregunta	Respuesta	Consecuencia	Probabilidad (A)	Gravedad de consecuencia (B)	Nivel de riesgo	Recomendaciones
1	¿Qué pasa si el tanque de Gas LP se almacena en un lugar cerrado y sin ventilación?	Si el tanque presenta una fuga, el espacio cerrado podría acumular el Gas.	Podría generar una explosión devastadora y poner en riesgo la vida y la propiedad	1	1	1	1- almacenar el tanque en un lugar ventilado. 2-que este alejado de fuentes de calor. 3-instalar detectores de Gas.
2	¿Qué pasa si el tanque de Gas LP esta oxidado?	Riesgo de fugas.	Acumulación de Gas, riesgo de incendio y explosión.	2	1	1	1-no intentar repararlo. 2-reportar la situación. 3-cambiar el tanque.
3	¿Qué pasa si hay más tanques de lo que está permitido en el área de almacenamiento?	Sobrecarga del área puede dañar la estructura del lugar del almacenamiento.	Incumplimiento de normatividad.	1	1	1	1-correr la situación. 2-consultar la normatividad específica. 3-mejorar la distancia entre cada tanque.

4	¿Qué pasa si el tanque esta almacenado en un sitio de accesos libres a estudiantes?	Representa un riesgo grave de explosión, incendios o intoxicación por fugas.	Riesgo para la seguridad de los estudiantes y que están incumpliendo con las normas.	1	1	2	1-tener en una ubicación restringida. 2-señalización. 3-poner barreras o rejas.
5	¿Qué pasa si se almacena el tanque en un lugar donde hay acumulación de agua?	Puede ocasionar corrosión en la base del tanque.	Puede generar una fisura donde se puede salir el Gas.	1	1	1	1-reubicar el tanque en un lugar seco. 2-evitar contacto directo con el suelo. 3-realizar inspecciones periódicas.
6	¿Qué pasa si los tanques se almacenan junto con residuos peligrosos?	Aumenta el riesgo de reacciones químicas, incendios o explosiones.	Genera más unos tóxicos.	1	3	2	1-separar los tanques de cualquier residuo. 2-almacenar en áreas exclusivas, ventiladas y señalizadas. 3-cumplir con las normas de seguridad.

7	¿Qué pasa si el tanque de Gas LP está cerca de un sistema eléctrico?	Puede generar una chispa o cortocircuito.	Explosión o incendio.	2	3	3	1- mantener distancia mínima de seguridad. 2- alejarlo de fuentes de ignición.
8	¿Qué pasa si no se respeta las distancias entre otros tanques?	Se incrementa el riesgo de propagación de calor.	Explosión en cadena o fuga simultánea.	1	1	1	1- Distancia mínima requerida,
9	¿Qué pasa si se acumula Gases en el área de almacenamiento sin verificación?	existe un alto riesgo de explosión	Provocar un incendio o una nube de Gas.	2	3	3	1- tener ventilación constante. 2- capacitar al personal en manejo de emergencia.
10	¿Qué pasa si el sistema de contención de derrames no existe o está dañado	Propagación de sustancias peligrosas.	Riesgo de contaminación ambiental	1	3	1	1- instalar o reparar. 2- usar materiales resistentes y adecuados. 3- realizar inspecciones periódicas.

Tabla 5. Método what if? Instalación de los tanques de Gas LP.

No.	Pregunta	Respuesta	Consecuencia	Probabilidad (A)	Gravedad de consecuencia (B)	Nivel de riesgo	Recomendaciones
1	¿Qué pasa si el tanque de Gas se instala en una estructura inestable?	Se puede llegar a volcarse.	Provocar fugas o explosiones.	1	1	1	1-instalar sobre una base firme. 2-usar soporte anclado al suelo. 3-Revisar las normas de instalación.
2	¿Qué pasa si las tuberías no son de uso certificado para el Gas LP?	Se puede llegar a corroer y provocar fugas.	Aumentar el riesgo de incendios.	1	1	1	1-usar tuberías certificadas. 2-verificar que cumplan con las normas. 3-realizar pruebas de hermeticidad.
3	¿Qué pasa si las abrazaderas no son las adecuadas para las conexiones?	Puede llegar a aflojarse o romperse	Causar fugas de Gas peligrosas	1	1	1	1-usar abrazaderas de acero inoxidable. 2-asegurar de que estén bien ajustadas. 3-no usar alambres ni materiales improvisados.

4	¿Qué pasa si se instalan los tanques sin un técnico certificado?	Al no estar capacitado puede realizar trabajos que estén fuera de las normas y puede llegar a provocar un accidente	Alto riesgo de fugas, explosiones y malas instalaciones	1	1	1	1-siempre contar con un técnico certificado o. 2-exige que siga la Norma vigente. 3-realizar mantenimientos periódicos con personal certificado o.
5	¿Qué pasa si se mezclan componentes de diferentes tipos de instalaciones?	Puede haber incompatibilidades	Generar fugas o fallas en el sistema.	1	1	1	1-usar componentes compatibles. 2-sigue solo un tipo de sistema según la Norma. 3-evita adaptaciones improvisadas.
6	¿Qué pasa si no se verifica la presión correcta durante la instalación?	Puede llegar a generar una presión baja, alta y fugas no destacadas	Mal funcionamiento de los aparatos.	1	1	1	1-realizar pruebas de presión con manómetro o. 2-asegurar que estén dentro de los rangos de la Norma.

7	¿Qué pasa si no se realiza una prueba de hermeticidad después de instalar?	Puede pasar fugas de Gas inadvertidas .	Puede provocar un incendio si no se da mantenimiento.	1	1	1	1-siempre realizar la prueba de hermeticidad. 2-usar manómetro o solución jabonosa. 3-la prueba debe durar mínimo 5 minutos.
8	¿Qué pasa si el regulador esta vencido o en mal estado al momento de instalar?	Puede fallar en controlar la presión.	Provoca fugas y mal funcionamiento del equipo.	1	1	1	1-verificar que el regulador este dentro de su vida útil (5 años). Inspecciona que no tenga óxidos, grietas ni fugas.

Tabla 6. Método what if? Manejo de distribuciones del Gas LP.

No.	Pregunta	Respuesta	Consecuencia	Probabilidad (A)	Gravedad de consecuencia (B)	Nivel de riesgo	Recomendaciones
1	¿Qué pasa si se produce una fuga en las líneas de distribución interna?	Genera una acumulación de Gas	Riesgo de incendio o explosión	2	3	3	1-cerrar la válvula de paso. 2-apagar aparatos eléctricos. 3-ventilar el área. 4-evacuar si presenta un olor a Gas.
2	¿Qué pasa si no hay señalización en las rutas de distribución del Gas?	Representa un riesgo crítico para la seguridad pública.	Accidentes, ignición de Gas, retrasos en la atención de emergencias y incendios.	1	1	1	1-colocar señalización visible. 2-delimitar las zonas de riesgo. 3-capacitar al personal. 4-cumplir con las Normas.
3	¿Qué pasa si las tuberías atraviesan zonas de paso común si protección?	Puede llegar a ocurrir riesgos de daños mecánicos.	Fuga de Gas, incendios y explosiones.	1	1	1	1-instalar protección mecánica. 2-evitar trayectos expuestos. 3-supervisar periódicamente.

4	¿Qué pasa si se distribuye Gas a más puntos de los que permite la instalación?	Se genera una baja presión.	Mal funcionamiento del equipo y sobrecarga de la red.	1	1	1	1-no exceder la capacidad del diseño. 2-consultar los planos técnicos. 3-rediseñar y adaptar a la red.
5	¿Qué pasa si se obstruyen las tuberías por falta de limpieza?	Genera un bloqueo del flujo del Gas	Acumulación peligrosa de presión.	1	1	1	1-realizar mantenimiento preventivo. 2-limpiar los filtros y las tuberías. 3-evitar almacenar residuos cerca de la instalación.
6	¿Qué pasa si las válvulas de paso no funcionan en una emergencia?	No se puede cortar el suministro de Gas.	Agrava el riesgo de fugas.	2	3	2	1-verificar el estado de las válvulas. 2-reemplazar las válvulas defectuosas. 3-en caso de una emergencia realizar evacuación inmediata.

Tabla 7. Método what if? Mantenimiento de los tanques de Gas LP.

No.	Pregunta	Respuesta	Consecuencia	Probabilidad (A)	Gravedad de consecuencia (B)	Nivel de riesgo	Recomendaciones
1	¿Qué pasa si se pospone la revisión del sistema por falta de presupuesto?	Aumenta el riesgo, costos mayores por daños no detectados a tiempo.	Riesgo de accidentes.	1	1	1	1- priorizar revisiones básicas. 2-buscar alternativa de financiamientos. 3-la seguridad no debe sacrificarse por costos.
2	¿Qué pasa si no se lleva un registro de mantenimiento del sistema?	Se pierde el control sobre el estado real.	Riesgo de fallos no detectados.	1	1	1	1- implementar un registro sistemático. 2-anotar fechas y trabajos realizados. 3-esto facilita auditorías y cumplimiento Normativo.
3	¿Qué pasa si no se detectan fugas pequeñas y estas se acumulan?	Aumenta el riesgo de un posible incendio.	Acumulación peligrosa y intoxicación.	2	3	3	1-realizar inspecciones periódicas. 2-usar detectores de Gas y métodos para detectar fugas.

Figura 8. Método whwt if? Uso y operación del Gas LP.

No.	Pregunta	Respuesta	Consecuencia	Probabilidad (A)	Gravedad de consecuencia (B)	Nivel de riesgo	Recomendaciones
1	¿Qué pasa si los estudiantes manipulan equipos conectados al Gas?	Pueden provocar escapes de Gas o accidentes más graves.	Ponen en peligro toda su integridad.	1	1	1	1-realizar charlas educativas sobre riesgos y seguridad. 2-mantener el área a bajo supervisión constante. 3-establecer protocolos claros para el manejo.
2	¿Qué pasa si usan encendedores cerca de las instalaciones del Gas?	Provocar ignición instantánea	Incendio o explosión.	2	3	3	1-proibir el uso de llamas abiertas. 2-colocar señalizaciones visibles.
3	¿Qué pasa si se deja encendido un mechero dentro del laboratorio?	Si hay gases acumulados puede generar un incendio.	Se están violando las Normas básicas para la seguridad.	2	3	3	1-apagar siempre el mechero. 2-supervisar siempre el área. 3-tener extintores

4	¿Qué pasa si se detecta olor a Gas y no se evacua?	Se genera una acumulación peligrosa.	Incendios, explosión e intoxicación.	1	3	1	1-evacuar de inmediato. 2-llamar a emergencias. 3-ventilar el área abriendo ventanas y puertas.
5	¿Qué pasa si dentro del laboratorio no cuenta con extractor o ventilación adecuado?	Acumulación de Gas tóxico o inflamable.	Incendios	1	1	1	1-instalar sistemas de ventilación. 2-dar mantenimiento regular. 3-cumplir con las normas.

La matriz de riesgo nos sirvió como una herramienta de análisis y toma de decisiones que permite identificar, evaluar, priorizar y controlar los riesgos que podría afectar las actividades del trabajo. Los criterios que se utilizaron para evaluar los posibles riesgos que pueden presentar los almacenamientos del gas dentro del instituto de biología, UNICACH, son los que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Criterios de evaluación del método what if?.

Nivel	Probabilidad de una fuga (A)	Gravedad de la consecuencia (B)
bajo	1	1
Medio	2	3
Alto	4	5

VIII. ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN

El instituto de biología puede usar Gas LP principalmente en los laboratorios para equipos como estufa, autoclave, mecheros o sistema de calefacción. A diferencia de instalaciones, el uso es puntual, pero no extenso de riesgo. La evaluación de análisis de riesgo se considera las características particulares del entorno académico: flujo de personas no familiarizadas con normas de seguridad, equipos científicos especializados y posibles sustancias inflamables o reactivas en laboratorio.

Tras el recorrido y la visita del lugar se pudo obtener información sobre las instalaciones de los tanques de gas y su distribución, de igual manera se identificaron si cuentan con medidas de seguridad dentro del instituto, en este caso cuentan con encargado de vigilar y supervisor los tanques

Se pudo realizar la simulación de un evento catastrófico causada por una explosión de Gas LP, utilizando el programa ALOHA obtuvimos el radio de afectación y la cantidad de población que se encontraba dentro del área.

Se lograron implementar medidas de seguridad que deben ser respetadas para poder prevenir y ocasionar un accidente con el producto inflamable.

Cumpliendo con los objetivos se pudo obtener los resultados de los posibles riesgos y amenazas que muestra los tanques de Gas LP dentro y fuera del instituto, pudiendo programar así las medidas preventivas y la manipulación de este producto.

REFERENCIAS

- Picon Vizñay, L. M., & Solano Peláez, J. L. (2024). Riesgos laborales de la planta de gas licuado de petróleo de una planta de cerámica en Cuenca e3cuador. RUNAS. Journal of Education and Culture, 5(10), e240215.
- Carbajal Peñaloza, C.E., Jiménez Alfaro, A. J., Corona Organiche, É., & Rodríguez Maya, N. E. (2018). Nariz electrónica: Herramienta para detección de gases empleando redes neuronales artificiales. Revista Tecnológica Digital, 8(1), 39-47.
- Gilces (2020). Diseño de un programa de prevención de riesgo químico en los auxiliares e inspectores En gipetrol Colombia S.A.S., en Barrancabermeja – Santander [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/55800>
- Gobierno de España. (2015). Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020.
- Lavado, Q., Dismer Asesor, F., Alarcón, G., Óscar, A., García, M., Tomás Vásquez Aranda, J., Omar Aylas Humareda, A., & del Carmen, M. (2023). Caracterización de residuos sólidos y estrategias de mejora en el plan de manejo ambiental de una empresa envasadora de GLP en el distrito Luri gancho - Chosica, Lima 2022 [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7800>
- López - Atamoros, L. G., Fernández – Villagómez, G., Cruz – Gómez, M. J., & Duran – de – Bazúa, C. (2010). Integración de una Base Nacional de Datos de Accidentes durante el Trasporte de Gas LP (BNDAT@GLP) 1998-2009: Sustento para un estudio de evaluación de riesgo. Ciencias, Educación, 25(2), 99-112. Instituto Mexicanos de ingenieros químicos A.C.
- Lujan Ruiz, R. O. (2014). Gestión de riesgos en el sistema de distribución de gas natural de Lima y Callao según lineamientos “Recommendations on transmisión and distribution practice” y la gestión de los riesgos del proyecto del PMI (2008). Industrial Data, 17(1), 88-96. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Arce, A. M. (2002). Verificación del cumplimiento de la normativa vigente de seguridad contra incendios en planta de GLP VARIGAS de la provincia de Salta [Tesis de grado, Universidad Católica de Salta].
- Quintero-Yepes, L., Rodríguez-Valencia, N., & Ortiz, A. (2022). Efecto del secado con combustión directa de Gas Licuado de Petróleo (GLP) sobre la composición química del grano de café. Revista Cenicafé, 73(2). <https://doi.org/10.38141/10778/73204>
- Alcántara Garduño, M. E., & González Moran, T. (2001). Modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas. Secretaria de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). ISBN 970-628-603-9

Saa Zambrano, D. J., & Valero Pérez, F. D. (2024). Análisis comparativo de combustibles Diésel y GLP para la generación de vapor mediante costo operativo en una planta productora de alimento balanceado [Trabajo de grado, Universidad Salesiana].

Silva, A., Contreras, R., & Barrandeguy, M. (2022). Riesgo por fugas accidentales de gas licuado de petróleo hacia trabajadores y comunidad en las ciudades de Nacimiento, Cabrero, La Laja y Mulchén (Chile). *Obras y Proyectos*, 32, 66–77.

Velázquez, C., & Datola, G. (2022). Beneficios de seguridad en tecnologías de medición con nivel radar, para tanques de almacenamiento [Proyecto final, Universidad de Fasta]. <http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/2380>

Hernández, D. & Alcántara, M. (2022). Determinación del área de afectación generada por la explosión de una pipa cargada con gas LP en San Pedro Xolostoc, Edo. De México, México.

Sandoval, J., Jaimes, J. L., Marroquín, O., Zúñiga, V. A., Ortiz, R., & Guzmán, F. (2000). Estudio de la influencia del gas LP sobre la formación de ozono en una zona de la Ciudad de México. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 44(4), 294-298. Sociedad Química de México.

López, L. (2013). Propuesta metodológica de evaluación de riesgos para el y transporte de gas licuado de petróleo en una delegación política de distrito federal de México.