



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL  
SULFATO DE ALUMINIO Y CLORO GASEOSO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUA POTABLE**

**Douglas Luis Abner Sitán Chen**

Asesorado por Mgtr.Ing. Ludwing Benjamín López Manrique

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL  
SULFATO DE ALUMINIO Y CLORO GASEOSO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUA POTABLE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**DOUGLAS LUIS ABNER SITÁN CHEN**

ASESORADO POR MGTR. ING. LUDWING BENJAMÍN LÓPEZ MANRIQUE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Dr. Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Gerardo Ordoñez
EXAMINADOR	Inga. Mercedes Esther Roquel Chavéz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL  
SULFATO DE ALUMINIO Y CLORO GASEOSO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUA POTABLE**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha noviembre 2022.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Douglas Luis Abner Sitán Chen'. The signature is stylized and includes a small arrow pointing upwards and to the right at the end.

**Douglas Luis Abner Sitán Chen**



**EEPFI-PP-2015-2022**

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

**Director**  
**Williams G. Álvarez Mejía**  
Escuela De Ingenieria Quimica  
Presente.

**Estimado Ing. Álvarez**

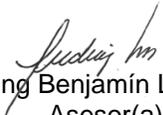
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL SULFATO DE ALUMINIO Y CLORO GASEOSO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Gestión ambiental**, presentado por el estudiante **Douglas Luis Sitán Chen** carné número **201503945**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

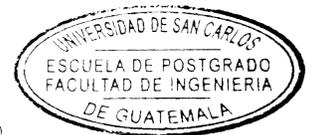
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Ludwing Benjamín López Manrique  
Asesor(a)

**Ludwing Benjamín López Manrique**  
Ingeniero Civil  
Colegiado 14894

  
Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez  
Coordinador(a) de Maestría

  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.1660.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL SULFATO DE ALUMINIO Y CLORO GASEOSO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Luis Sitán Chen**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.  
Director  
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, noviembre de 2022



LNG.DECANATO.OI.308.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL SULFATO DE ALUMINIO Y CLORO GASEOSO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**, presentado por **Douglas Luis Abner Sitán Chen** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Arriabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por haberme permitido cumplir esta meta tan importante en mi vida.
<b>Mis padres</b>	Luis Sitán y Gloria Chen por motivarme y darme ese apoyo tan fundamental para concluir esta etapa tan importante.
<b>Mis hermanos</b>	Jhosseline, Evelin, Adolfo y Alejandro Sitán por su apoyo y cariño que se tiene entre hermanos.
<b>Mis sobrinos</b>	Benjamín y Ethan Figueroa por ser mi motivación en la última etapa de mi carrera.
<b>Mis abuelos y familiares</b>	Por sus oraciones y bendiciones para mí y mi familia.
<b>Amigos</b>	Por su amistad, motivación, lealtad y consejos que me permitieron concluir esta etapa.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el <i>alma mater</i> que me permitió tener ese crecimiento profesional y desarrollo académico.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me permitieron realizar este trabajo de graduación.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Ludwing López por su experiencia y conocimiento que me permitió desarrollar este trabajo de graduación.
<b>Ingeniero Gerardo Ordoñez</b>	Por su apoyo incondicional en la elaboración de mis trabajos de investigación.
<b>Ingenieras</b>	Bertha Molina, Mercedes Roquel y Cinthya Ortiz por formar parte de mi crecimiento académico y transmitir sus conocimientos.
<b>Cervecería Centro Americana</b>	Por creer en mí y darme una oportunidad para desarrollarme como profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Contexto General.....	7
3.2. Descripción del problema .....	8
3.3. Formulación del problema .....	11
3.3.1. Pregunta central.....	11
3.3.2. Preguntas auxiliares .....	11
3.4. Delimitación del problema.....	12
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos .....	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN .....	17

7.	MARCO TEÓRICO .....	21
7.1.	Almacenamiento de productos químicos .....	21
7.1.1.	Peligrosidad de almacenamiento.....	21
7.1.2.	Condiciones de las instalaciones.....	21
7.1.3.	Incompatibilidad de almacenamiento.....	22
7.1.4.	Operaciones de manipulación .....	22
7.2.	Actos inseguros.....	23
7.3.	Condiciones inseguras .....	23
7.4.	Riesgos laborales.....	24
7.4.1.	Riesgos mecánicos .....	24
7.4.2.	Riesgos químicos .....	24
7.4.3.	Riesgos ergonómicos .....	24
7.4.4.	Riesgos físicos .....	25
7.5.	Riesgos de almacenamiento .....	25
7.5.1.	Incendios.....	25
7.5.2.	Explosiones .....	26
7.5.3.	Caídas.....	26
7.5.4.	Golpes y atropellos.....	26
7.5.5.	Cortes.....	26
7.5.6.	Contacto con sustancias tóxicas o nocivas.....	27
7.5.7.	Derrumbe de objetos .....	27
7.6.	Tipos de productos químicos a almacenar .....	27
7.6.1.	Líquidos inflamables.....	27
7.6.2.	Ácidos .....	28
7.6.3.	Sustancias volátiles .....	28
7.6.4.	Gases comprimidos.....	28
7.7.	Productos químicos.....	29
7.7.1.	Sulfato de aluminio .....	29
7.7.2.	Cloro gaseoso .....	29

7.8.	Seguridad Industrial.....	30
7.9.	Salud Ocupacional.....	30
7.10.	Gestión de riesgos.....	30
7.11.	Evaluación de riesgos.....	31
7.12.	Análisis de problemas.....	31
	7.12.1. Recolección de datos.....	31
	7.12.2. Diagrama de Ishikawa.....	32
	7.12.3. FODA.....	33
7.13.	Matriz de riesgos .....	34
	7.13.1. Riesgo Inherente.....	34
	7.13.2. Probabilidad de riesgo .....	35
	7.13.3. Impacto de riesgo .....	35
7.14.	Manual de procedimientos.....	35
7.15.	Medidas de seguridad y salud .....	36
	7.15.1. SGA.....	36
	7.15.2. Hojas de datos de seguridad.....	36
	7.15.3. Señalización de seguridad .....	36
	7.15.4. Equipo de protección personal.....	38
7.16.	Emergencia y prevención .....	42
	7.16.1. Plan de emergencia .....	42
	7.16.2. Plan de contingencia.....	43
	7.16.3. Plan de evacuación.....	43
	7.16.4. prevención de incendios .....	43
	7.16.5. Extinción de incendios .....	44
7.17.	Primeros auxilios .....	44
8.	PROPUESTA INDICE DE CONTENIDOS.....	45
9.	METODOLOGÍA .....	49

9.1.	Características del estudio .....	49
9.2.	Unidades de análisis .....	50
9.3.	Variables .....	50
9.4.	Fases del estudio .....	51
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	55
10.1.	Técnicas de Análisis de información .....	55
10.2.	Técnicas de recopilación de datos .....	56
11.	CRONOGRAMA .....	57
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	59
12.1.	Recursos necesarios.....	59
	REFERENCIAS.....	61
	APÉNDICES .....	69
	ANEXOS .....	73

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Diagrama de Ishikawa y sus causas y efectos .....	32
2.	FODA .....	33
3.	Matriz de riesgos .....	34
4.	Señalización .....	37
5.	Señales de seguridad .....	38
6.	Equipo de protección personal Nivel A .....	39
7.	Equipo de protección personal Nivel B .....	40
8.	Equipo de protección personal Nivel C .....	41
9.	Equipo de protección personal Nivel D .....	42
10.	Cronograma de Trabajo de Investigación .....	56

## TABLAS

I.	Esquema de Solución .....	19
II.	Variables ... ..	50
III.	Presupuesto .....	60



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>G</b>	Gravedad
<b>I.F.</b>	Índice de Frecuencia
<b>I.I.</b>	Índice de Incidencia
<b>P</b>	Probabilidad
<b>R.I.</b>	Riesgo Inherente



## GLOSARIO

<b>CANUTEC</b>	<i>Canadian Transport Emergency Centre</i>
<b>Empagua</b>	Empresa Municipal de Agua
<b>FOCP</b>	<i>Federal Office for Protection</i>
<b>Gravedad</b>	Probabilidad de daño por su severidad
<b>Impacto</b>	Conjunto de consecuencias que origina la materialización de un riesgo
<b>LMA</b>	Límites máximos aceptables
<b>LMP</b>	Límites máximos permisibles
<b>MSDS</b>	<i>Material Safety Data Sheet</i>
<b>OFICEMEN</b>	Agrupación de fabricantes de cemento de España
<b>QUIMINSA</b>	Químicos Industriales Asociados
<b>SGA</b>	<i>Global Harmonized System</i> , Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y Etiquetado de productos químicos.

**USAC**

Universidad de San Carlos de Guatemala

## RESUMEN

Las plantas de tratamiento de agua potable son importantes para reutilizar las aguas superficiales o subterráneas de los ríos, garantizando que el agua se apta para el consumo humano o aprovecharla para las necesidades básicas.

La planta de tratamiento de agua potable localizada en Mixco es una de las más grandes de la ciudad de Guatemala y distribuye alrededor de las áreas aledañas, esta planta se encuentra en constantes monitoreos para asegurar la calidad y cumplir con la legislación municipal.

Por ser una de las plantas más grandes, necesita almacenar grandes cantidades de los dos principales químicos para su potabilización, que son sulfato de aluminio y cloro gaseoso. Esta planta ha descuidado ciertos puntos importantes para el manejo y almacenamiento de compuestos químicos. Se necesita mejorar y actualizar estos dos puntos importantes, y así reducir los riesgos que estos podrían ocasionar, dañando directamente la salud y la integridad física de los trabajadores.

Con esta investigación se utilizarán herramientas para poder disminuir los riesgos, creando un plan de emergencia, un manual para el manejo y almacenamiento de los compuestos químicos, así mismo, mejorar el equipo de protección personal.



# 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación se realizará en una planta de tratamiento de agua potable ubicada en el municipio de Mixco, la cual fue construida con el objetivo de reducir la escasez de agua que existe en la ciudad de Guatemala. Esta planta es una de las que mayor cantidad de agua suministra a la ciudad capital y ha mantenido su calidad debido al constante monitoreo por parte de técnicos de EMPAGUA (Empresa Municipal de Agua) y personal de la USAC, (Universidad de San Carlos de Guatemala).

La planta se diferencia de otras por tener una infraestructura que en su mayoría de procesos no utiliza energía eléctrica excepto en la dosificación de los compuestos químicos como, el cloro gaseoso y el sulfato de aluminio. Estos compuestos químicos necesitan ser almacenados independientemente en dos bodegas para cubrir la demanda diaria de agua potable.

Desde que se construyó la planta no se han establecido medidas de salud y seguridad en el almacenamiento y manejo de los compuestos químicos en ambas bodegas, por lo que se propondrá una metodología de evaluación de riesgos mediante métodos y herramientas de evaluación de incidencia y gravedad para reducir los riesgos y mejorar las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores en la planta de tratamiento de agua potable.

Este estudio tiene como base la línea de investigación de gestión de riesgos y consta de cuatro fases asequibles para identificar, analizar, evaluar y cuantificar las probabilidades de riesgos o accidentes en las bodegas complementando con otras herramientas como el *Global Harmonized System*

(SGA), *Material Safety Data Sheet* (MSDS) y matriz de riesgos para luego implementar medidas de control y establecer un plan de acción para prevenir o mitigar los riesgos.

## 2. ANTECEDENTES

Las plantas de tratamiento de agua potable utilizan diferentes técnicas para que las condiciones del agua sean aceptables para el consumo humano, entre estas técnicas podemos encontrar que los tratamientos químicos son los más usados para potabilizar el agua, este tratamiento debe ser supervisado para asegurar la calidad y que no afecte a la salud del consumidor. (Roja, 2002)

El uso de productos químicos es necesario para cumplir con los “límites máximos aceptables (LMA) y límites máximos permisibles (LMP) para las características físicas, químicas y microbiológicas del agua” (Argueta, 2013, p. 22).

Según Larriva (2019), los productos químicos son tóxicos para los humanos dependiendo la concentración, por ello es necesario identificar el estado físico, su impacto ambiental, frecuencia de exposición y concentración biológica para prevenir daños a la salud de los trabajadores por el uso de agentes químicos tóxicos.

Para cumplir con la producción diaria de agua se necesita almacenar los productos químicos, por lo tanto, las instalaciones deberán cumplir con ciertos requisitos de seguridad y los procedimientos adecuados de manipulación de productos químicos para evitar daños o accidentes que afecten la salud y seguridad de los trabajadores. La peligrosidad de almacenamiento se determina a partir de los productos químicos y de la cantidad que se almacena. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2014a)

Los peligros de cada producto o sustancia química se determinan a partir del *Material Safety Data Sheet* (MSDS), esta herramienta nos ayudará a determinar la peligrosidad de los productos almacenados, otra herramienta de gran utilidad es una matriz de riesgos que gestiona y controla los riesgos, al complementarlo con el método gestión Integral de riesgo (GIR) asegura que los riesgos para los trabajadores y el medio que los rodea se encuentre dentro de los límites aceptables de salud y seguridad. (*The Federal Office for Civil Protection* [FOCP], 2014)

Una herramienta obligatoria en el área de trabajo a nivel internacional como lo indica la Superintendencia de Riesgos del trabajo, SRT (2014a), es el *Global Harmonized System* (SGA), útil como medio de transmisión de riesgos que contribuye a un ambiente más seguro y garantizando el cuidado de la salud de los trabajadores.

Para reducir los riesgos a un nivel aceptable se deben de utilizar estrategias como la concepción y organización de los sistemas de trabajo, la selección e instalación de equipos, establecer procesos de almacenamiento y manipulación de los equipos y por último adoptar medidas de seguridad. (Universidad de la Rioja [UR], 2021)

Los niveles de deficiencia de los peligros químicos se clasifican en muy alto, alto, medio y bajo, por lo que se debe de conocer el procedimiento correcto de acción rápida en caso de algún acontecimiento inesperado. (Ibañez, 2021)

Un plan de acción en caso de emergencia es vital cuando ocurre un accidente por traslado de compuestos químicos peligrosos, incendio o si existiera alguna fuga creando alguna explosión, esta debe ser útil para guiar a las primeras personas ante el incidente, debe de identificar los peligros específicos,

protegerse así mismo, a las personas involucradas durante la fase inicial y solicitar ayuda a personal calificado. (*Canadian Transport Emergency Centre* [CANUTEC], 2020)

En conclusión, con los métodos y herramientas de evaluación de incidencia y gravedad se garantiza reducir los riesgos y mejorar las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores en las dos bodegas de la planta de tratamiento de agua potable, se debe dar un seguimiento de capacitación a los colaboradores para la formación e información de actuación de emergencia y evaluación adecuada sobre los riesgos anexos a los compuestos químicos. (Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo [IRSST] y Plena Inclusión Madrid, 2021)



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En esta sección se muestra la descripción detallada y delimitada del objeto de la investigación.

#### **3.1. Contexto General**

Una planta de tratamiento de agua potable localizada en el municipio de Mixco utiliza agua de ríos para el tratamiento y distribución a zonas aledañas, esta planta se creó para reducir la escasez de agua potable en la ciudad de Guatemala y es una de las más grandes de la ciudad capital con una producción diaria de aproximadamente 140,000 m<sup>3</sup> de agua, la cual representa el 39% de agua potable que distribuye la organización a la ciudad de Guatemala. Esta planta de tratamiento se caracteriza por tener una infraestructura que, a lo largo de los procesos de producción, no utiliza energía eléctrica excepto en la dosificación de los compuestos químicos.

Entre los compuestos químicos utilizados está el cloro gaseoso y el sulfato de aluminio los cuales se utilizan como coagulantes para el pretratamiento del agua. Debido a la alta demanda de agua potable en la ciudad capital, se necesitan de grandes cantidades de estos compuestos químicos para la purificación del agua.

Estos compuestos químicos se compran a distintos proveedores que cumplen con los requisitos que la organización encargada exige, para luego los proveedores abastecer a la planta según la demanda requerida. En la recepción, almacenamiento y manipulación de los dos compuestos químicos puede haber

peligros y riesgos, al no contar con un procedimiento adecuado aumenta la probabilidad y gravedad de riesgos químicos que afecta la salud de los trabajadores específicamente, la población aledaña y el medio ambiente en general.

Se debe hacer uso del *Material Safety Data Sheet* (MSDS) la cual describe los peligros de un producto químico, proporciona información sobre su identificación, uso, manipulación, transporte, almacenamiento, disposición final, protección personal y acción ante emergencias por derrames, explosión e incendios, complementando con el *Global Harmonized System* (SGA), para proporcionar la adecuada formación e información a los trabajadores en el seguimiento de los procedimientos y uso de los equipos de protección personal contribuyendo en la mejora de condiciones laborales.

Específicamente en las áreas de almacenamiento y manipulación del sulfato de aluminio y cloro gaseoso se debe identificar, así como también evaluar los niveles de riesgo reduciendo las amenazas y riesgos conexos a través de la propuesta de establecer procedimientos y el uso de equipo de protección individual adecuado.

### **3.2. Descripción del problema**

En una planta localizada en Mixco que se dedica al tratamiento de agua potable con el propósito de distribuir agua para el consumo humano a la ciudad de Guatemala, esta planta se caracteriza por tener una infraestructura que en su mayoría de procesos no utiliza energía eléctrica, excepto para la dosificación de compuestos químicos como lo es el cloro gaseoso 100% y el sulfato de aluminio. Estos compuestos químicos son utilizados en diferentes procesos para obtener los parámetros establecidos por ley.

Al inicio del proceso existe la percloración que es la aplicación del cloro gaseoso para mejorar la coagulación, en las fases de floculación y precipitación principalmente se utiliza el sulfato de aluminio como coagulante primario que es una sal sólida de color blanco que permite la clarificación del agua potable.

Estos compuestos son suministrados a la planta en grandes cantidades debido a la demanda diaria de agua potable, por lo que se cuenta con dos bodegas, una para guardar el cloro gaseoso que se almacena en cilindros y la otra para el sulfato de aluminio que se encuentra en sacos.

Para aplicar el sulfato de aluminio líquido se usan bombas de desplazamiento positivo, las cuales están conectadas a tolvas para el suministro del coagulante primario. El personal de bodega son los encargados del control de llenado de las tolvas, esta operación es compleja porque implica niveles de riesgos como el manejo de equipo pesado, trabajar en lugares reducidos y exposición a gases nocivos. En esta etapa de llenado se deben de identificar y evaluar los riesgos de exposición, así como el procedimiento correcto del almacenamiento y manejo del coagulante primario (sulfato de aluminio) en el tratamiento de agua potable.

Así mismo se debe de evaluar los riesgos en la bodega del cloro gas, por si hubiera alguna fuga que dañe la salud de los trabajadores y la población alrededor de la planta.

Para prevenir accidentes en estas áreas por no tener las medidas adecuadas y el equipo de seguridad adecuado, se debe evaluar la probabilidad y gravedad de peligros utilizando una matriz de riesgos, con ello usarla como una

herramienta de análisis integral para reducir amenazas y riesgos conexos mediante acciones apropiadas de una manera sistemática e integral.

### **3.3. Formulación del problema**

Se plantearon las preguntas para identificar, definir y formular los problemas que se tienen en la planta de tratamiento de agua potable.

#### **3.3.1. Pregunta central**

¿Cómo se podría reducir los riesgos de salud y seguridad en la bodega de una planta de tratamiento de agua potable y cuáles serían las medidas específicas de prevención y protección para reducir amenazas y riesgos conexos en el almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso?

#### **3.3.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Cuáles son los peligros y riesgos en el área de almacenamiento y manipulación del sulfato de aluminio y cloro gaseoso?
- ¿Las condiciones actuales de las instalaciones donde se almacena el sulfato de aluminio y el cloro gaseoso presentan deficiencias o no cumplen con las medidas de seguridad necesarias?
- ¿Cuál es el procedimiento correcto en la manipulación y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso?
- ¿El personal conoce las acciones o medidas para prevenir o mitigar los riesgos ante una emergencia o accidente en el almacenamiento o manejo sulfato de aluminio y cloro gaseoso?

### **3.4. Delimitación del problema**

La identificación y evaluación de riesgos se realizará en una planta de tratamiento de agua potable localizada en Mixco, esta planta utiliza agua de ríos para el tratamiento y distribución a zonas aledañas en la ciudad de Guatemala.

En el inicio del proceso de agua potable se necesita de una percloración para mejorar el proceso de coagulación. En la percloración se utiliza cloro gaseoso y como coagulante primario el sulfato de aluminio, estos compuestos son comprados a proveedores que cumplen los requisitos requeridos y ellos son los encargados de suministrar a la planta según la demanda necesaria.

En la recepción de estos compuestos se necesita contar con medidas de seguridad para el almacenamiento y manipulación, es aquí donde específicamente se desea evaluar e identificar los riesgos proponiendo procedimientos que garanticen un manejo adecuado y mejoren las condiciones de seguridad y salud ocupacional de los trabajadores específicamente, la población aledaña y el medio ambiente en general, se espera poder realizar la evaluación en un periodo aproximado de 6 meses.

## 4. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio tiene como base la línea de investigación de gestión de riesgos, y pretende identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de riesgos conexos y pérdidas por desastres para luego establecer estrategias que reduzcan los riesgos o que el impacto sea cero. El análisis y evaluación de riesgos será útil en el área de bodega y llenado de tolvas para identificar y evaluar los riesgos de almacenamiento, así mismo el manejo correcto del sulfato de aluminio y cloro gaseoso, proponiendo acciones preventivas, correctivas y reductivas para disminuir distintos riesgos relativos en el manejo de compuestos químicos a un nivel aceptado para los trabajadores.

Es obligatorio tener medidas de control cuando se manipulan compuestos químicos para prevenir accidentes laborales e industriales. En el pretratamiento de agua potable como coagulante se utiliza el sulfato de aluminio y cloro gaseoso, por lo que se requiere de grandes cantidades en bodega para cubrir los 140,000m<sup>3</sup> de producción diaria. Al no contar con medidas adecuadas de almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso se debe identificar los riesgos que existen utilizando una matriz de riesgos como un análisis integral.

Si no se establecen las medidas de control necesarias perjudicaría directamente a la integridad física de los trabajadores o agravar problemas de salud. Proponiendo medidas de control y estableciendo procedimientos adecuados en el área de almacenamiento y manejo de los compuestos químicos se asegura la probabilidad de minimizar los riesgos de exposición creando un área segura para los trabajadores.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Establecer una metodología de evaluación de riesgos en el almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso en bodega, mediante métodos y herramientas de evaluación de incidencia y gravedad, para reducir los riesgos y mejorar las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores en una planta de tratamiento de agua potable.

### **5.2. Específicos**

- Especificar la probabilidad y gravedad de riesgos en la manipulación y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso utilizando una matriz de riesgos.
- Indicar propuestas de mejora para las condiciones actuales de almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso en la planta de tratamiento de agua potable.
- Establecer un manual de procedimientos o instrucciones para la correcta manipulación y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso.
- Establecer un plan de acciones o medidas para prevenir o mitigar los riesgos ante una emergencia o accidente en el almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN**

En la planta de tratamiento de agua potable desde sus inicios carece de medidas de prevención y protección en la manipulación y almacenamiento de compuestos químicos. Al no tener establecido los procedimientos correctos, el equipo de seguridad adecuado y un plan de emergencia existe la probabilidad de daños a la salud de los trabajadores, por lo que se debe realizar un análisis de riesgos.

Se identificarán y evaluarán los riesgos en el almacenamiento y manejo de los productos químicos en las dos bodegas de almacenamiento de sulfato de aluminio y cloro gaseoso. Se representará gráficamente a través de una matriz de riesgos para visualizar los potenciales de riesgo que afectan la salud humana y el ambiente, lo que permitirá establecer procedimientos adecuados y proponer el equipo de protección personal para mejorar las condiciones de trabajo a un nivel aceptable para los trabajadores.

Se elaborará un plan de emergencia en caso de algún derrame o fuga de productos químicos ya que las consecuencias pueden ser críticas o catastróficas, afectando directamente a las personas, las instalaciones o al medio ambiente que lo rodea, así se logrará minimizar los riesgos que existen en las dos bodegas de almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso en la planta. Existen otros riesgos en la planta, pero específicamente se priorizará en las dos bodegas debido al alto nivel de riesgo de exposición química.

Para reducir los niveles de riesgos en las dos bodegas de almacenamiento de cloro gaseoso y el sulfato de aluminio se necesitará cumplir con 4 fases que se detallan a continuación:

- Fase 1: Identificar y analizar los riesgos

Se deben de analizar las actividades relacionadas al manejo y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso para luego identificar todos los riesgos inherentes en los procesos y el entorno. En esta fase se considera 7 semanas aproximadamente.

- Fase 2: Evaluar los riesgos

Esta fase comprenderá 4 semanas aproximadamente para evaluar tanto la frecuencia o probabilidad de ocurrencia y el impacto de los riesgos identificados en la fase 1, esta fase puede tener términos cualitativos y cuantitativos.

- Fase 3: Tratamiento del riesgo

Esta fase considera 10 semanas para la elaboración de una matriz de riesgos que permita visualizar los riesgos potenciales identificados en la fase 1 y tomar una decisión correctiva.

- Fase 4: Control y seguimiento

En esta fase se tendrán disponibles 7 semanas aproximadamente para emplear las herramientas, la elaboración de manuales y el plan de emergencia, para la prevención de riesgos en las dos bodegas y crear un área de trabajo seguro para los trabajadores.

Para reducir los niveles de riesgos en las dos bodegas de almacenamiento de cloro gaseoso y el sulfato de aluminio se necesitará cumplir con una serie de pasos que se detallan a continuación:

Tabla I. **Esquema de Solución**

<b>Actividad</b>	<b>Metodología</b>	<b>Recursos</b>	<b>Tiempo</b>
Identificación y análisis de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer a detalle las operaciones en las dos bodegas.</li> <li>• Recopilar información sobre accidentes pasados y consultar con el personal.</li> <li>• Identificar de forma sistemática las posibles causas de los riesgos inherentes y sus posibles efectos en las bodegas.</li> <li>• Analizar las condiciones actuales de las dos bodegas y las carencias de medidas de seguridad y salud.</li> </ul>	Lentes, guantes de cuero, mascarillas de polvo y gas, botas industriales, aspectos humanos, registros, encuestas, entrevistas, diagrama causa y efecto, FODA.	7 semanas aproximadamente.
Evaluación de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar los riesgos según la escala de probabilidad.</li> <li>• Clasificar los riesgos según la escala de gravedad.</li> <li>• Elaborar una matriz detallada que se pueda visualizar los riesgos potenciales identificados.</li> <li>• Clasificar los riesgos inherentes</li> </ul>	MSDS de cada producto químico, escalas de riesgos.	4 semanas aproximadamente.

Continuación tabla I

Tratamiento de los riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar los riesgos inherentes</li> <li>• Establecer medidas de prevención y mitigación</li> <li>• Establecer el uso del EPP</li> </ul>	<p>Manual de procesos y operaciones, EPP, apoyo humano, SGA, rombos de seguridad, plan de acción, señalización.</p>	10 semanas
Control y seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguimiento a las medidas que se van a aplicar en base a los riesgos identificados.</li> <li>• Auditorías al modelo de gestión de riesgos y que todos los colaboradores estén involucrados.</li> <li>• Realizar capacitaciones.</li> <li>• Realizar registros para validar auditorías.</li> </ul>	<p>Formato de auditorías, formato de inspecciones, presentaciones de seguridad.</p>	7 semanas aproximadamente.

Fuente: elaboración propia.

## **7. MARCO TEÓRICO**

Se recopila la mayor información relacionada a este trabajo para que sea claro y fundamentar los conceptos.

### **7.1. Almacenamiento de productos químicos**

El almacenamiento de productos químicos es una actividad que requiere de ciertas consideraciones por ejemplo evaluar la compatibilidad de dos o más productos en el mismo espacio, también se debe de contar con condiciones e instalaciones adecuadas para evitar reacciones que puedan ser perjudiciales. (Universidad Autónoma de Occidente, 2011)

#### **7.1.1. Peligrosidad de almacenamiento**

La peligrosidad de los productos químicos a almacenar depende de las características que se establece en la ficha de datos de seguridad de cada producto y de la cantidad a almacenar. (INSHT, 2014b)

#### **7.1.2. Condiciones de las instalaciones**

La seguridad depende de las condiciones que se encuentre el área donde se almacenan los productos químicos y debe de cumplir con el diseño, infraestructura, espacios seguros, sistemas contraincendios, entre otros, según el tipo del producto químico y la cantidad a almacenar. Además, la seguridad de los almacenes depende de ciertos factores, como el tipo de recipiente, la

ubicación interna, externa o subterránea y el ambiente donde se almacena. (INSHT, 2014c)

### **7.1.3. Incompatibilidad de almacenamiento**

Se debe considerar la incompatibilidad química al almacenar sustancias químicas porque son peligrosas cuando interactúan con otras generando reacciones violentas y produciendo emisiones de gases tóxicos, corrosivos o inflamables, reacciones explosivas o provocando incendios, se debe de realizar un análisis de incompatibilidades al almacenar este tipo de sustancias. (Universidad de Costa Rica [UCR], 2020a)

### **7.1.4. Operaciones de manipulación**

Se refiere a la “Operación en la cual el trabajador entra en contacto con sustancias peligrosas o sus recipientes durante sus actividades” (Parada y Lisboa, 2020a, p. 3).

Parada y Lisboa (2020b) indican que se debe contar con las siguientes disposiciones:

El lugar de trabajo debe contar con la ventilación natural o forzada necesaria para minimizar el riesgo de inhalación de vapores tóxicos.

Se debe utilizar ropa de trabajo para evitar la contaminación de la vestimenta con este tipo de sustancias. En caso de riesgo alto de salpicaduras se debe utilizar protección ocular. Se deben seguir medidas de higiene y buenas prácticas como el aseo personal después de finalizar el trabajo, prohibición de fumar e ingerir alimentos para evitar la contaminación de los mismos. (p. 8)

En la manipulación de los cilindros de gases comprimidos como lo es el cloro gaseoso se deben de cumplir ciertos requisitos, primero se debe de inspeccionar el equipo antes de su uso, verificando que se encuentre en óptimas condiciones, no se debe de utilizar grasa en ningún componente del cilindro, estos cilindros poseen alta presión, por lo tanto se debe abrir la válvula de apertura lentamente, garantizar que los reguladores, manómetros, mangueras y otros componentes sean compatibles con el gas del cilindro, por último usar la maquinaria y equipo adecuado para evitar la caída del cilindro cuando este en uso. (Parada y Lisboa, 2020c)

## **7.2. Actos inseguros**

Son todos aquellos errores, fallas, descuidos u omisiones que el factor humano pueda realizar durante su trabajo por lo que se expone ante un riesgo de sufrir un accidente, estos actos inseguros representan el 96% de los accidentes en el área de trabajo, este porcentaje incrementa tomando en cuenta la desobediencia o no realizar los procedimientos establecidos. (Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA], s.f.a)

## **7.3. Condiciones inseguras**

Se refiere a las condiciones físicas o todos los recursos, maquinaria, equipo, infraestructura que no cumplen con las condiciones adecuadas para ser usadas o presentan desperfectos que podrían ocasionar riesgos o accidentes a las personas, se debe de evaluar este tipo de condiciones previamente para obtener un estado de seguridad a pesar de que siempre exista la posibilidad de un riesgo laboral, si no se realiza esta operación incrementa el riesgo de accidentes. (SENA, s.f.b)

## **7.4. Riesgos laborales**

La agrupación de fabricantes de cemento de España, OFICEMEN (2008a), menciona que los riesgos laborales se refieren a todos los peligros que se puedan presentar en el área de trabajo y que provoquen un incidente que pueda dañar física y psicológicamente a un trabajador.

### **7.4.1. Riesgos mecánicos**

Son todos aquellos riesgos donde se originan condiciones inseguras por el uso de maquinaria y equipo defectuoso que pueda perjudicar la seguridad de la persona que lo esté empleando. (Confederación de Empresarios Privados de Bolivia [CEPB], 2021)

### **7.4.2. Riesgos químicos**

El riesgo químico ocurre cuando hay probabilidad de un daño crítico o agudo hacia el trabajador cuando no se tiene el control de una sustancia peligrosa y sus valores límites permisibles están fuera de lo recomendado. (Murcia, 2020)

### **7.4.3. Riesgos ergonómicos**

“La ergonomía vincula aspectos relacionados con la calidad de servicios, la eficiencia y las condiciones de trabajo” (OFICEMEN, 2008b, p. 77). Los riesgos ergonómicos se pueden clasificar en: sobreesfuerzos originados por mal manejo al levantar demasiado peso o por permanecer en una mala posición durante mucho tiempo y trastornos musculoesqueléticos causados por lesiones o enfermedades producidas por dificultades ergonómicas. (OFICEMEN, 2008c)

#### **7.4.4. Riesgos físicos**

Como explica el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, GBA (2020), este tipo de riesgos está relacionado con los factores ambientales que dependen de ciertas características como el peso, ruido, iluminación, radiación, altas temperaturas y vibraciones, que pueden afectar la salud del trabajador según su intensidad y tiempo de exposición.

#### **7.5. Riesgos de almacenamiento**

Los almacenes de productos químicos son lugares que dependen de las propiedades y la cantidad de producto almacenado, por su peligrosidad pueden generar accidentes críticos. Una buena gestión de almacenamiento y las medidas adecuadas pueden controlar estas situaciones convirtiéndolo en un lugar seguro. (FREMAP, 2022)

##### **7.5.1. Incendios**

Los incendios son accidentes producidos por el fuego no controlado, las causas principales son el desconocimiento de los peligros existentes, fallos en los equipos e instalaciones, no saber controlar los líquidos inflamables, no respetar las normas para evitar los incendios. (OFICEMEN. 2008d)

### **7.5.2. Explosiones**

Según la agrupación de fabricantes de cemento de España (2008e) son reacciones químicas violentas o la grieta de tanques a presión que pueden causar lesiones por la creación de la onda expansiva.

### **7.5.3. Caídas**

La agrupación de fabricantes de cemento de España (2008f) explica que hay caídas de personas a distinto nivel lo que se refiere a caídas desde alturas como escaleras, maquinaria, excavaciones, etcétera, y caídas de personas al mismo nivel producidos por el mal estado de la superficie de trabajo o tropiezos por objetos.

### **7.5.4. Golpes y atropellos**

Estos golpes y atropellos por vehículos se generan por el movimiento de objetos móviles como montacargas, patines hidráulicos u otros que puedan lesionar a los trabajadores. (OFICEMEN, 2008g)

### **7.5.5. Cortes**

“Son provocados a la propia naturaleza de la herramienta, como el filo de corte; a su mala manipulación y empleo, como cortes o lesiones con punzones; o al estado de conservación de los objetos y herramientas” (OFICEMEN, 2008h, p. 64).

### **7.5.6. Contacto con sustancias tóxicas o nocivas**

La mala manipulación de estas sustancias puede provocar daños agudos o crónicos a la salud del trabajador, debido a la inhalación, ingestión o penetración cutánea. (OFICIMEN, 2008i)

### **7.5.7. Derrumbe de objetos**

Estos accidentes suelen ocurrir por acomodar mal los objetos, desplomes de la infraestructura en mal estado, andamios, stocks, etcétera y sus causas se deben a la poca resistencia de la superficie o de los objetos, deslizamientos, apilamiento, mala nivelación, falta de espacio o mal uso de la maquinaria de almacén. (OFICEMEN, 2008j)

## **7.6. Tipos de productos químicos a almacenar**

Se debe tener en cuenta la cantidad y el tipo de producto químico a almacenar en base a su peligrosidad mediante un sistema que permita controlarlos.

### **7.6.1. Líquidos inflamables**

El almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles son los que primordialmente originan los incendios, los líquidos inflamables tienen un punto de inflamación menor a 100 °F y los líquidos combustibles tienen un punto de inflamación igual o superior a 100 °F. (Grupo de Inversiones Suramericana [SURA], 2019)

### **7.6.2. Ácidos**

La Universidad de Costa Rica (2020b) establece que el almacenamiento de los ácidos debe de almacenarse tomando las siguientes condiciones:

- Deben ser almacenados lo más cercanos al suelo para evitar caídas.
- Los ácidos orgánicos no deben de almacenarse junto a los ácidos inorgánicos.
- En el área de almacenamiento de ácidos debe de haber neutralizadores o contenedores para evitar derrames.
- Deben de almacenarse lejos de sustancias corrosivas.

### **7.6.3. Sustancias volátiles**

Son sustancias químicas en estado líquido, que tienen alta probabilidad de inflamación y poseen alta presión de vapor, lo que provoca su evaporación inmediata generando una capa de gas sobre su superficie que podría explotar fácilmente. (*United Nations Office on Drugs and Crime [UNODC], 2020a*)

### **7.6.4. Gases comprimidos**

Los gases comprimidos como por ejemplo los cilindros con gas o los vacíos, tienen que ser almacenados en un lugar seco y ventilado bien asegurados para evitar caídas, los cilindros vacíos deben separarse de los cilindros llenos, no deben estar expuestos al sol y humedad, los cilindros de cloro no deben permanecer junto a cilindros que contienen otros gases comprimidos. (*Parada y Lisboa, 2020d*)

## **7.7. Productos químicos**

El uso de productos químicos en varias empresas es fundamental para llevar a cabo sus operaciones y debido a su demanda de producción necesitan de su almacenamiento, es por ello que se debe contar con el sistema adecuado para controlarlos y evitar accidentes laborales o industriales.

### **7.7.1. Sulfato de aluminio**

El sulfato de aluminio se obtiene de la reacción entre un mineral aluminico y ácido sulfúrico, esta se obtiene en estado líquido o sólido, en la mayoría de los países industrializados prefieren el estado líquido para que la descarga sea más rápida, evitar que en su estado sólido se rompan los sacos y luego disolver a la disolución requerida. (Asociación Nacional de la Industria Química [ANIQ], s.f.)

### **7.7.2. Cloro gaseoso**

El cloro gaseoso es de color amarillo-ámbar, irritante y poco soluble en agua, al estar dentro del recipiente su estado es líquido, al abrir la válvula sufre de descompresión cambiando a estado gaseoso, entre sus características es altamente reactivo, no es inflamable, pero al mezclarse con hidrógeno, amoníaco o hidrocarburos gaseosos puede generar mezclas explosivas. (Químicos Industriales Asociados [QUIMINSA], 2017) Las recomendaciones que da QUIMINSA (2017), el área debe tener ventilación natural e incrementada, no se debe exponer a la luz solar directa y debe permanecer separado de otros productos.

## **7.8. Seguridad Industrial**

Es un sistema que tiene como objetivo establecer normas que eviten accidentes dentro del área de trabajo que pueden ser causados por diferentes tipos de ambientes y agentes, los cuales se determinan por procesos, funciones o trabajos que un empleado está expuesto durante sus funciones laborales, el alcance son las áreas o lugares dentro de las instalaciones de la empresa. (Gaitan, 2017a)

## **7.9. Salud Ocupacional**

Esta encargada de prevenir y detectar enfermedades ocupacionales que puedan dañar el estado físico, mental o social de los trabajadores, lo cual reduce el rendimiento y podría causar daños irreparables en su salud por lo cual es fundamental que se establezca dentro de la empresa, dentro de este término incluye las condiciones de trabajo justas, donde los trabajadores desempeñen sus funciones sin ningún problema y formen parte de la mejora de las condiciones de salud y seguridad ocupacional. (Gaitan, 2017b)

## **7.10. Gestión de riesgos**

Según define Asturias Corporación Universitaria (2018), “La Gestión de Riesgos incluye los procesos necesarios para planificar, identificar, analizar, planificar respuestas e implementarlas, así como monitorear los riesgos del proyecto” (p. 7).

### **7.11. Evaluación de riesgos**

Es el procedimiento donde un experto en análisis de riesgos cuantifica y controla los riesgos identificados y sus vulnerabilidades, sugiriendo medidas necesarias para prevenir o reducir los daños ocasionados por desastres o valoración de riesgos, su metodología se basa en:

- Analizar parámetros de evaluación y susceptibilidad de los fenómenos o peligros.
- Análisis de vulnerabilidad con relación a la exposición, fragilidad y resiliencia.
- Determinar y zonificar los niveles de riesgo. (Chahua, 2021)

### **7.12. Análisis de problemas**

El análisis de problemas es útil para detectar problemas, recabar información importante e interpretar los datos que serán vitales para determinar las causas y mostrar las deficiencias a través de varias herramientas.

Entre las herramientas más utilizadas podemos mencionar las siguientes:

#### **7.12.1. Recolección de datos**

Solorzano (2003), expone que son técnicas que se utilizan para obtener información necesaria, se elaboran y organizan a través de datos:

- **Primarios:** Se cuenta con estos datos por el origen de la investigación que se está realizando y se recoge directamente con herramientas que facilitan la información relacionada al tema.

- Secundarios: Para la recolección de datos se utiliza la documentación que ya se tiene registrada o documentación histórica realizada por personas que no tienen ninguna relación con el tema de investigación.

### 7.12.2. Diagrama de Ishikawa

Esta es una herramienta más conocida como diagrama de causa y efecto “que permite identificar y analizar las posibles causas de variación en el proceso o la ocurrencia de un fenómeno, y las causas interactúan entre sí” (Basilio y Campos, 2021, p. 16).

Figura 1. Diagrama de Ishikawa y sus causas y efectos

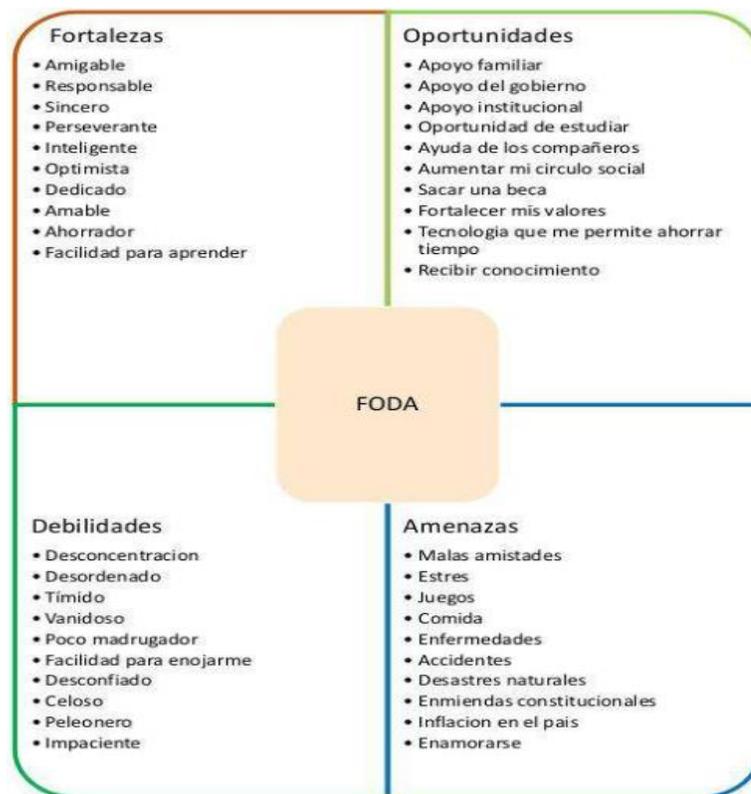


Fuente: Basilio y Campos, (2021). *El uso del diagrama de Ishikawa para identificar las causas de contaminación en la línea de producción de matanza de ganado*. Recuperado de [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i26.3485](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3485)

### 7.12.3. FODA

Es una herramienta que se basa en las fortalezas y debilidades que conforman el análisis interno y las oportunidades y amenazas que conforman el análisis externo, permite evaluar y analizar los factores positivos y negativos para alcanzar las metas propuestas por la organización. Esta herramienta es de importancia para la planificación estratégica, utiliza un método de intercambio de ideas y permite visualizar o transmitir fácilmente el panorama de la situación personal o empresarial. (Montoya, 2020)

Figura 2. FODA



Fuente: Montoya (2020). *Análisis FODA*. Recuperado de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/prepa1/2020/analisis-foda.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa1/2020/analisis-foda.pdf)

### 7.13. Matriz de riesgos

Iragorre (2022) explica:

Es una herramienta que permite identificar los factores de riesgo que se pueden presentar dentro de una organización, brinda la posibilidad de que estos se puedan cuantificar, es decir clasificar en el daño que este podría causar, la escala en la que va a estar dividido (alto, medio o bajo), y la probabilidad de que esto pueda ocurrir. (p. 1)

Figura 3. **Matriz de riesgos**

Magn. / Probab.	Daño leve 1	Daño menor 3	Daño importante 5	Daño extremo 7
Ocurrencia excepcional 1	Riesgo tolerable 1	Riesgo no significativo 3	Riesgo no significativo 5	Riesgo significativo 7
Ocurrencia baja 2	Riesgo no significativo 2	Riesgo no significativo 6	Riesgo Significativo 10	Riesgo significativo 14
Ocurrencia media 3	Riesgo no significativo 3	Riesgo Significativo 9	Riesgo significativo 15	Riesgo intolerable 21
Ocurrencia alta 4	Riesgo moderado 4	Riesgo significativo 12	Riesgo intolerable 20	Riesgo intolerable 28

Fuente: Iragorre (2022). *Matriz de riesgos: una herramienta de prevención*. Recuperado de [https://www.itaes.org.ar/EntidadesAsociadas/Art\\_G-Iragorre\\_Matriz-de-riesgo.pdf](https://www.itaes.org.ar/EntidadesAsociadas/Art_G-Iragorre_Matriz-de-riesgo.pdf)

#### 7.13.1. Riesgo Inherente

“Significa la susceptibilidad de un parámetro a tener errores que pueden ser materiales, antes de tomar en consideración el efecto de cualquier actividad

de control relacionada” (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* [GIZ], 2020, p 8).

### **7.13.2. Probabilidad de riesgo**

Es la posibilidad de ocurrir un riesgo en un evento o una operación en un determinado lugar y que se vea afectado directamente. (Mora, 2016a)

### **7.13.3. Impacto de riesgo**

El impacto identifica la severidad o intensidad del daño de un proceso que origina la materialización del riesgo. (Mora, 2016b)

## **7.14. Manual de procedimientos**

Como explica Segura (2018a), un manual de procedimientos debe de estar a cargo de las direcciones o jefaturas que conforman la organización, ellos son los responsables de identificar y registrar todos los procesos y procedimientos que se consideren oportunos relacionados con la gestión operativa para obtener resultados óptimos. “En el levantamiento de los procedimientos y la elaboración de manuales, deben participar los funcionarios relacionados con la ejecución de los procedimientos, mediante equipos interdisciplinarios, con el fin de obtener consenso en las disposiciones incluidas en ellos” (Segura, 2018b, p. 7).

## **7.15. Medidas de seguridad y salud**

Las medidas de seguridad y salud aseguran el bienestar de los trabajadores considerando todos los factores que pueden generar lesiones o daños y tomando las medidas necesarias para tener un control adecuado.

### **7.15.1. SGA**

El sistema globalmente Armonizado es una herramienta integral para transmitir información de riesgos y de alcance internacional asegurando un ambiente seguro para el trabajador. (SRT, 2014b)

### **7.15.2. Hojas de datos de seguridad**

El centro de orientación para la atención de emergencias ambientales, COATEA (s.f.), indica que la hoja de seguridad de un producto o sustancia química brinda las propiedades, riesgos del material, la manipulación correcta, el almacenamiento adecuado y que hacer en caso de emergencia, información primordial y esencial para el uso y manejo seguro de este producto químico.

### **7.15.3. Señalización de seguridad**

La señalización es un código internacional a partir de tres formas y de cuatro colores. (OFICEMEN, 2008k)

Figura 4. **Señalización**

Formas	Significado		Color de Seguridad	Significado
  	Señales de obligación	+	Amarillo	Señal de advertencia (atención, precaución, de zona riesgo)
	Señales de advertencia		Anaranjado	Señal de prohibición.
	Señales de salvamento		Rojo	Advierte de un peligro-alarma de parada.
			Azul	Señal de obligación
			Verde	Señal de salvamento o auxilio Situación de seguridad (vuelta a la normalidad).

Fuente: OFICEMEN (2008), *Guía de buenas prácticas para la prevención de riesgos laborales en el sector cementero español*. Recuperado de <https://www.ficem.org/CIC-descargas/espania/Guia-completa-de-buenas-practicas-para-la-prevencion-de-riesgos-laborales-en-el-sector-cementero-espanol.pdf>

Las señales de seguridad están conformadas por tres formas y cuatro colores que pueden ser combinadas para indicar una señal específica. (OFICEMEN, 2008)

Figura 5. **Señales de seguridad**



Fuente: OFICEMEN (2008), *Guía de buenas prácticas para la prevención de riesgos laborales en el sector cementero español*. Recuperado de <https://www.ficem.org/CIC-descargas/espania/Guia-completa-de-buenas-practicas-para-la-prevencion-de-riesgos-laborales-en-el-sector-cementero-espanol.pdf>

La Agrupación de fabricantes de cemento de España (2008m) mencionan que, para la señalización de fluidos y gases, los colores indican distintos tipos de fluidos y gases para una mejor diferenciación. En la señalización de transporte deben de etiquetarse los embalajes, contenedores, toneles, etcétera, para indicar la naturaleza de riesgo que transportan y por último en la señalización de almacenamiento se deben de identificar las zonas o áreas con señales informativas y de advertencia que indiquen el peligro existente.

#### **7.15.4. Equipo de protección personal**

El equipo de protección personal está determinado para distintas situaciones específicas, este equipo debe ser especializado en función de las sustancias químicas, existen 4 tipos de EPP para cada riesgo siguiente:

- Nivel A (riesgo extremo), se utiliza un traje de protección química libre con suministro de aire interno o externo. (UNODC, 2020b)

Figura 6. **Equipo de protección personal Nivel A**



Fuente: UNODC (2020), *Guía ilustrada para la Eliminación de las sustancias químicas utilizadas en la fabricación ilícita de drogas*. Recuperado de [https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated\\_Disposal\\_of\\_chemicals\\_used\\_in\\_the\\_Illicit\\_manufacture\\_of\\_Drugs-SP.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated_Disposal_of_chemicals_used_in_the_Illicit_manufacture_of_Drugs-SP.pdf)

- Nivel B (riesgo elevado), consiste en un traje completo con botas, guantes y equipo de respiración con una bomba externa y una máscara de protección completa resistente a sustancias químicas. (UNODC, 2020c)

Figura 7. **Equipo de protección personal Nivel B**



Fuente: UNODC (2020), *Guía ilustrada para la Eliminación de las sustancias químicas utilizadas en la fabricación ilícita de drogas*. Recuperado de [https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated\\_Disposal\\_of\\_chemicals\\_used\\_in\\_the\\_Illicit\\_manufacture\\_of\\_Drugs-SP.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated_Disposal_of_chemicals_used_in_the_Illicit_manufacture_of_Drugs-SP.pdf)

- Nivel C (riesgo medio), este equipo es utilizado para el manejo, preparación o destrucción de sustancias químicas, está equipado de máscara de protección con filtro de aire, traje, guantes y botas resistentes a sustancias químicas. (UNODC, 2020d)

Figura 8. **Equipo de protección personal Nivel C**



Fuente: UNODC (2020), *Guía ilustrada para la Eliminación de las sustancias químicas utilizadas en la fabricación ilícita de drogas*. Recuperado de [https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated\\_Disposal\\_of\\_chemicals\\_used\\_in\\_the\\_Illicit\\_manufacture\\_of\\_Drugs-SP.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated_Disposal_of_chemicals_used_in_the_Illicit_manufacture_of_Drugs-SP.pdf)

- Nivel D (riesgo menor), este traje se utiliza únicamente cuando no existe un peligro químico o para protección básica contra polvo o partículas finas inofensivas, está conformado por mascarilla antipolvo, protección ocular, guantes dependiendo la tarea, calzado de seguridad y casco. (UNODC, 2020e)

Figura 9. **Equipo de protección personal Nivel D**



Fuente: UNODC (2020), *Guía ilustrada para la Eliminación de las sustancias químicas utilizadas en la fabricación ilícita de drogas*. Recuperado de [https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated\\_Disposal\\_of\\_chemicals\\_used\\_in\\_the\\_Illicit\\_manufacture\\_of\\_Drugs-SP.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated_Disposal_of_chemicals_used_in_the_Illicit_manufacture_of_Drugs-SP.pdf)

## **7.16. Emergencia y prevención**

Una emergencia se debe a una situación o suceso que ocurre de manera inesperada y requiere de una respuesta inmediata, a diferencia de la prevención disminuye la posibilidad de un accidente o emergencia.

### **7.16.1. Plan de emergencia**

Este plan considera el almacenamiento dependiendo el producto, toma en cuenta las emergencias por fugas o derrames, las medidas adecuadas y la

actuación para que el personal encargado conozca la forma precisa de controlarlos. (INSHT, 2014d)

#### **7.16.2. Plan de contingencia**

El plan de contingencia está formado por normas o procedimientos de operaciones estandarizadas que sean efectivas y adecuadas ante un accidente, incidente o estado de emergencia que pueda ser de origen natural o antrópico y tengan relación directa con la potencialidad de riesgos y su vulnerabilidad en el área de ejecución del proyecto. (CESEL, 2019a)

#### **7.16.3. Plan de evacuación**

Las personas que integran una brigada son los responsables de actuar durante la evacuación, previamente capacitados conocen cómo reaccionar ante una emergencia, deben de mantener un orden, la calma y seguir los procesos establecidos, estas personas deben estar capacitados en señales de seguridad, identificación de áreas seguras y manejo de primeros auxilios. (CESEL, 2019b)

#### **7.16.4. Prevención de incendios**

Los incendios son provocados por igniciones o accidentes de fuego no controladas, las medidas para prevenir incendios se dividen en dos tipos: medidas establecidas antes de que se produzca y medidas después del incendio. (OFICEMEN, 2008n)

### **7.16.5. Extinción de incendios**

OFICEMEN (2008o), explica para este tipo de situaciones se debe de conocer los medios adecuados para combatir el tipo de fuego según sea el caso:

- Fuegos secos: como el papel o madera, todos los medios de extinción pueden apagarlos.
- Fuegos grasos: como los hidrocarburos, aceites o solventes debe de utilizarse espuma o polvos.
- Fuegos eléctricos: debe de cortarse la energía eléctrica y usar extintores.
- Fuegos especiales: conformados por productos químicos, debe de mencionarse que nunca se debe de usar agua porque podría provocar explosiones en todo caso se debería usar extintores de polvo o de nieve carbónica.

### **7.17. Primeros auxilios**

OFICEMEN (2008p), explica que los primeros auxilios deben “Proporcionar cuidados y atenciones inmediatas a las personas que han sufrido un accidente, en ausencia de un médico o una persona cualificada, con el fin de aliviarles el dolor y evitar que empeore su estado y mejore su evolución” (p. 123).

## 8. PROPUESTA INDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL ÍNDICE DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Almacenamiento de productos químicos

2.2. Peligrosidad de almacenamiento

2.3. Condiciones de las instalaciones

2.4. Incompatibilidad de almacenamiento

2.5. Operaciones de manipulación

2.6. Actos inseguros

2.7. Condiciones inseguras

2.8. Riesgos laborales

2.8.1. Riesgos mecánicos

2.8.2. Riesgos químicos

2.8.3. Riesgos ergonómicos

2.8.4. Riesgos físicos

2.9. Riesgos de almacenamiento

- 2.9.1. Incendios
- 2.9.2. Explosiones
- 2.9.3. Caídas
- 2.9.4. Golpes y atropellos
- 2.9.5. Cortes
- 2.9.6. Contacto con sustancias tóxicas o nocivas
- 2.9.7. Derrumbe de objetos
- 2.10. Tipos de productos químicos a almacenar
  - 2.10.1. Líquidos inflamables
  - 2.10.2. Ácidos
  - 2.10.3. Sustancias volátiles
  - 2.10.4. Gases comprimidos
- 2.11. Productos químicos
  - 2.11.1. Sulfato de aluminio
  - 2.11.2. Cloro gaseoso
- 2.12. Seguridad Industrial
- 2.13. Salud Ocupacional
- 2.14. Gestión de riesgos
- 2.15. Evaluación de riesgos
- 2.16. Análisis de problemas
  - 2.16.1. Recolección de datos
  - 2.16.2. Diagrama de Ishikawa
  - 2.16.3. FODA
- 2.17. Matriz de riesgos
  - 2.17.1. Riesgo inherente
  - 2.17.2. Probabilidad de riesgo
  - 2.17.3. Impacto de riesgo
- 2.18. Manual de procedimientos
- 2.19. Medidas de seguridad y salud

- 2.19.1. SGA
- 2.19.2. Hojas de datos de seguridad
- 2.19.3. Señalización de seguridad
- 2.19.4. Equipo de protección personal
- 2.20. Emergencia y prevención
  - 2.20.1. Plan de emergencia
  - 2.20.2. Plan de contingencia
  - 2.20.3. Plan de evacuación
  - 2.20.4. Prevención de incendios
  - 2.20.5. Extinción de incendios
- 2.21. Primeros auxilios

### 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Identificación de análisis de riesgos
- 3.2. Evaluación de riesgos
- 3.3. Propuesta para la mejora de la seguridad y salud
- 3.4. Control y seguimiento

### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1.1. Identificación de análisis de riesgos
- 4.1.2. Evaluación de riesgos
- 4.1.3. Propuesta para la mejora de la seguridad y salud
- 4.1.4. Control y seguimiento

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

En este proyecto se identificarán y evaluarán los riesgos existentes en la planta de tratamiento de agua potable para reducirlos a un nivel aceptable, utilizando la siguiente metodología.

### **9.1. Características del estudio**

El enfoque de este estudio es de carácter mixto. Es análisis cualitativo porque se deben de categorizar los riesgos en base a la percepción gravedad y probabilidad en que pueda ocurrir el riesgo y cuantitativo porque se mide el nivel de riesgos que son susceptibles a datos numéricos.

El alcance del estudio es descriptivo porque pretende clasificar y analizar los riesgos inherentes según su gravedad y probabilidad a través de una matriz integral de riesgos, permitiendo describir el riesgo de exposición que toleran los trabajadores en el manejo y almacenamiento de compuestos químicos. Se hará uso de la documentación de seguridad y salud que la planta posee y las opiniones del personal para mejorar las deficiencias de seguridad y salud en las dos bodegas de la planta.

El diseño es no experimental, lo que se requiere es identificar todos los riesgos en las dos bodegas para calificarlos por lo que no se manipulan las variables de estudio, además será de tipo longitudinal porque se observará y analizarán los procesos en un determinado tiempo.

## 9.2. Unidades de análisis

La población en estudio son los trabajadores que están expuestos a los riesgos por el manejo de los productos químicos utilizando expedientes de salud, cuestionarios o entrevistas para evaluar si existen riesgos de exposición a sustancias químicas, la unidad de análisis es el nivel de los riesgos inherentes presentes en las dos bodegas donde se almacena el sulfato de aluminio y cloro gaseoso y el tipo de muestreo es no probabilístico intencional debido al criterio investigativo.

## 9.3. Variables

Las variables de estudio son mixtas y se definen en la Tabla II.

Tabla II. Variables

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Impacto del riesgo laboral	El impacto identifica la severidad o intensidad del daño de un proceso que origina la materialización del riesgo (Mora, 2016).	Se debe clasificar según la escala de impacto de consecuencia para cada riesgo: <ul style="list-style-type: none"><li>• Insignificante (1)</li><li>• Menor (2)</li><li>• Moderado (3)</li><li>• Importante (4)</li><li>• Catastrófico (5)</li></ul>
Probabilidad del riesgo laboral	Es la posibilidad de ocurrir un riesgo en un evento o una operación en un determinado lugar y que se vea afectado directamente (Mora, 2016).	Estas se deben clasificar según la escala de probabilidad que ocurra el riesgo: <ul style="list-style-type: none"><li>• Muy probable (5)</li><li>• Probable (4)</li><li>• Posible (3)</li><li>• Improbable (2)</li><li>• Muy improbable (1)</li></ul>

Continuación tabla II.

		Estas se deben clasificar según la escala de riesgo:
Riesgo Inherente	Es la susceptibilidad de que un riesgo ocurra en base a la probabilidad e impacto (GIZ, 2020).	$\text{Riesgo Inherente} = \text{Impacto} \times \text{probabilidad}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo (1-6)</li> <li>• Moderado (7-12)</li> <li>• Alto (13-25)</li> </ul>
Índice de frecuencia	Relaciona el número de accidentes registrados en un período y el total de horas-hombre trabajadas en dicho período (oficemen, 2008)	$I.F. = \frac{\text{No. total de accidentes}}{\text{No. total de horas trabajadas} \times 10^6}$
Índice de incidencia	Relaciona el número de accidentes registrados en un periodo y total de personas expuestas al riesgo (oficemen, 2008)	$I.I. = \frac{\text{No. total de accidentes}}{\text{No. medio de personas expuestas} \times 1000}$

Fuente: elaboración propia.

#### 9.4. Fases del estudio

El presente estudio contará con cuatro fases para poder cubrir los objetivos propuestos.

- Fase 1: Identificar y analizar los riesgos

Se debe de identificar y descubrir todos los riesgos que puedan ser una amenaza para la seguridad y salud de los trabajadores, utilizando el historial, documentación, opiniones, experiencias que faciliten las siguientes fases de evaluación y tratamiento de los riesgos.

- Fase 2: Evaluación de los riesgos

Esta fase se valoran los riesgos determinados en la fase 1, utilizando las variables de cuantificación se determina el impacto y probabilidad, y se representa gráficamente a través de una matriz de riesgos para visualizar el nivel de riesgo inherente. Con esta matriz se podrá evaluar si los métodos utilizados son efectivos o podrían mejorar.

Luego de calificar los riesgos inherentes según su nivel bajo, moderado o alto, se deben gestionar de forma interna o externa, priorizar los riesgos de mayor importancia y tomar una decisión adecuada.

- Fase 3: Mitigar y reducir los riesgos

Al priorizar los riesgos y determinar cuáles necesitan ser más controlados se deberá establecer controles de prevención, protección y planes de contingencia.

Se utilizarán varias herramientas como las hojas de seguridad para conocer las características de los productos químicos, el SGA para transmitir información confiable, elaborar manuales de procesos y procedimientos, el uso de la guía de respuesta en caso de emergencia. Asimismo, sugerir el equipo de protección personal adecuado para los riesgos específicos.

- Fase 4: Control y Seguimiento

Para determinar si el sistema de gestión de riesgos es el adecuado, se debe de monitorear la efectividad a través de los indicadores de seguridad, realizar auditorías para que se cumplan los procedimientos, realizar

capacitaciones para tener personal preparado y evaluar si se cumplen los objetivos propuestos.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Las técnicas utilizadas para esta investigación serán cuantitativas y cualitativas, primordialmente se llevará a cabo la recopilación de los registros de seguridad y salud, la observación será fundamental para identificar y evaluar los riesgos en las dos bodegas de la planta de tratamiento de agua potable.

### **10.1. Técnicas de Análisis de información**

Para tener una mejor visualización en la toma de decisiones al identificar los riesgos por su gravedad y probabilidad se usarán las siguientes herramientas:

- Diagrama de Ishikawa: Diagrama de causa y efecto nos ayudará a identificar problemas específicos de seguridad y salud en los procesos o situaciones que se desarrollan en las dos bodegas de la planta.
- Análisis FODA: Esta herramienta nos permitirá conocer la situación de la empresa, determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, desarrollar un plan de estrategia para tomar las consideraciones oportunas.

## 10.2. Técnicas de recopilación de datos

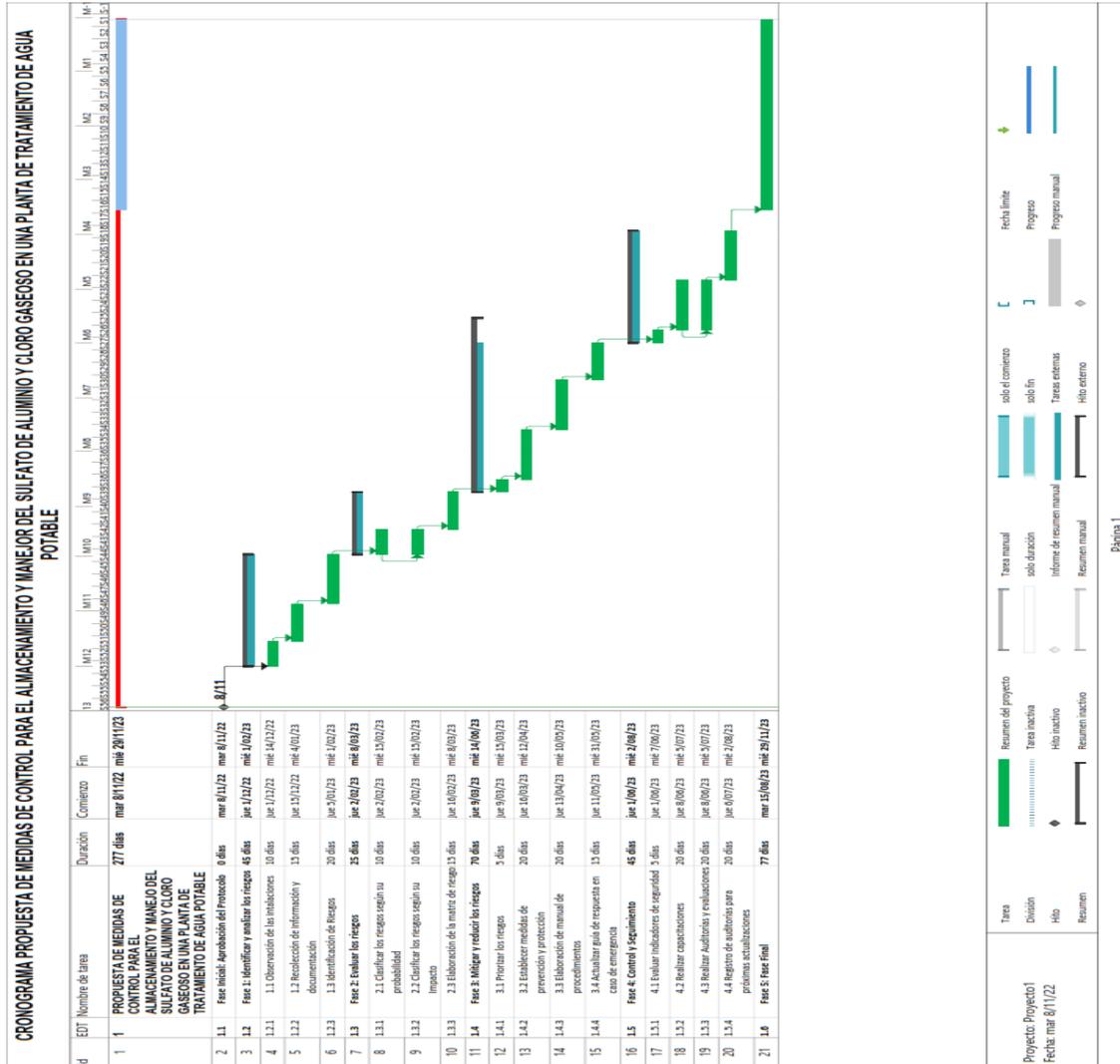
En la recopilación de datos se hará uso de las siguientes herramientas:

- Observación: Se debe de registrar el procedimiento a detalle para poder identificar los riesgos, evaluando los procesos desde el inicio hasta el final en una rutina diaria de los trabajadores. Se trabajará con un formato para registrar los detalles y observaciones de los procedimientos que presenten variaciones y con ello se evaluará si es necesario realizar dichos cambios.
- Encuestas: Utilizando las hojas de seguridad del sulfato de aluminio y cloro gaseoso se elaborará un Google forms con varias preguntas relacionadas al tema de seguridad y salud para evaluar el conocimiento de los trabajadores en el manejo y almacenamiento de productos químicos.
- Entrevistas: Se creará una serie de preguntas específicas para tener una conversación fluida con cada trabajador haya estado en alguna de las dos bodegas o trabaje actualmente y que permita recopilar información importante o no registrada, conocer su opinión y experiencias propias sobre la seguridad y salud que ha tenido en la planta durante los años que ha laborado en la planta.
- Registros: El investigador debe de indagar y extraer información de documentos que contengan acontecimientos relacionados al tema para facilitar el estudio y que se logró mejorar el área de seguridad y salud. Se hablará con las personas a cargo de la planta para indagar si existe información relacionada ya sea en texto digital o impreso.

## **11. CRONOGRAMA**

La planificación de este trabajo de investigación se muestra detalladamente, indicando las fechas posibles para su ejecución.

Figura 10. Cronograma de Trabajo de Investigación



Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Este estudio cuenta con la autorización para poder llevar a cabo su ejecución y brinda el apoyo con los siguientes recursos:

### 12.1. Recursos necesarios

El presente trabajo se realizará primeramente gestionando la autorización para llevarse a cabo y que se brinde el apoyo en los siguientes recursos:

- Humanos

Todo el personal dentro de las bodegas para recopilar toda la información que no se tiene registrado.

- Materiales

- Informativos: Se cuenta con el acceso de toda la información de seguridad y salud de la planta para facilitar la elaboración de este estudio, cumpliendo con la confidencialidad necesaria.
- Infraestructura y Equipo: Se cuenta con el uso del mobiliario dentro de la empresa, los equipos con un responsable a cargo y el acceso a las instalaciones para evaluar las condiciones.

Los recursos financieros serán cubiertos por el investigador y los encargados de la planta de tratamiento, se detalla los gastos en la tabla III para cumplir con los objetivos de este estudio.

Tabla III. **Presupuesto**

<b>No.</b>	<b>Tipo de recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	<b>%</b>
1	Material	Impresiones	Q 150.00	36%
2	Material	Pictogramas	Q 50.00	12%
3	Equipo	Lentes	Q 27.50	7%
4	Equipo	Casco	Q 109.00	26%
5	Equipo	Guantes	Q 35.50	8%
6	Equipo	Mascarilla de polvo	Q 12.00	3%
7	Equipo	Mascarilla de gases	Q 29.00	7%
8	Material	Franjas (pie)	Q 7.55	2%
<b>TOTAL</b>			<b>Q 420.55</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia.

## REFERENCIAS

1. Agrupación de fabricantes de cemento de España (2008). *Guía de buenas prácticas para la prevención de riesgos laborales en el sector cementero español (primera edición)*. Madrid: Autor. Recuperado de <https://www.ficem.org/CIC-descargas/espania/Guia-completa-de-buenas-practicas-para-la-prevencion-de-riesgos-laborales-en-el-sector-cementero-espanol.pdf>
2. Argueta, S. (2013). *Guía de normas y estándares técnicos aplicados a agua y saneamiento*. Guatemala: FODM. Recuperado de <https://www.sdgsfund.org/es/gu%C3%ADa-de-normas-y-est%C3%A1ndares-t%C3%A9cnicos-aplicados-agua-y-saneamiento>
3. Asociación Nacional de la Industria Química (s.f.). *Sulfato de aluminio*. Ciudad de México: PQ Corporation. Recuperado de [https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)
4. Asturias Corporación Universitaria (2018). *Gestión de Riesgos*. Cundinamarca: Autor. Recuperado de: [https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/dgp\\_direccion\\_proyectos\\_pmi\\_ii/clase5\\_pdf1.pdf](https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/dgp_direccion_proyectos_pmi_ii/clase5_pdf1.pdf)

5. Basílio, G. y Campos, G. (2021). El uso del diagrama de Ishikawa para identificar las causas de contaminación en la línea de producción de matanza de ganado. *La técnica: Revista de las Agrociencias*, (26), 13-21. Recuperado de [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i26.3485](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3485)
  
6. CANUTEC (2020). *Guía de respuesta en caso de emergencia 2020*. Recuperado de <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2020-07/GRE2020-WEB.pdf>
  
7. CESEL (2019). *Plan de contingencias* (Informe CSL-184900-IT-11-01). Lima: Autor. Recuperado de [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/8\\_0%20Plan%20de%20contingencia%20Rev%200\(2\).pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/8_0%20Plan%20de%20contingencia%20Rev%200(2).pdf)
  
8. COATEA (s.f.). *Hoja de seguridad*. Ciudad de México: Autor Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/278111/HDS.pdf>
  
9. Confederación de Empresarios Privados de Bolivia (2021). *Riesgo mecánico* (cartilla informativa No. 4). La Paz: Autor. Recuperado de <http://www.cepb.org.bo/wp-content/uploads/2021/04/4-RIESGO-MECANICO.pdf>
  
10. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2020). *Proceso de verificación: Análisis de riesgos*. [Presentación de PowerPoint]. Alliance México. Recuperado de [62](https://iki-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

alliance.mx/wp-content/uploads/Sesi%C3%B3n-1.An%C3%A1lisis-de-riesgos.pdf

11. FREMAP (2022). *Almacenamiento de productos químicos* (Folleto METRI-053). Madrid: Autor. Recuperado de [https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/me-tri-053\\_almacenamiento\\_de\\_productos\\_quimicos.pdf](https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/me-tri-053_almacenamiento_de_productos_quimicos.pdf)
12. Gaitan, R. (2017). *La seguridad industrial y salud ocupacional*. [Presentación de PowerPoint]. Colegio de las Ciencias Económicas CCEE. Recuperado de: <https://www.ccee.org.gt/wp-content/uploads/2017/07/LA-SEGURIDAD-INDUSTRIAL-Y-SALUD-OCUPACIONAL.pdf>
13. Chahua, J. (Agosto, 2021). Evaluación de Riesgos. *Seminario taller Macro regional Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio climático*. Seminario llevado a cabo en, Perú. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2139450/3.%20Evaluaciones%20de%20Riesgo.pdf.pdf>
14. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (2020). *¿Qué son los riesgos laborales?*. Buenos Aires: Autor. Recuperado de: <https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/empleopublico/archivos/Fisicos.pdf>
15. Grupo de Inversiones Suramericana (2019). *Líquidos inflamables y combustibles*. Sao Paulo: Autor. Recuperado de <https://www.segurossura.com.co/empresasura/Documentacion%20Formacion/ficha-inflamable-web.pdf>

16. Ibañez, M. (2021). *Guía de identificación de peligros y evaluación de riesgos laborales*. Bogotá: SAF. Recuperado de [https://comunicarte.idartes.gov.co/sites/default/files/Doc\\_SIG/Guia%20Identificaci%C3%B3n%20de%20peligros%2027.10.2021\\_Firmas%20%281%29\\_F-firmado.pdf](https://comunicarte.idartes.gov.co/sites/default/files/Doc_SIG/Guia%20Identificaci%C3%B3n%20de%20peligros%2027.10.2021_Firmas%20%281%29_F-firmado.pdf)
17. Irigorre, G. (2022). *Matriz de riesgos: una herramienta de prevención*. San Juan: Instituto Técnico para la Acreditación de Establecimientos de Salud ITAES. Recuperado de [https://www.itaes.org.ar/EntidadesAsociadas/Art\\_G-Iratorre\\_Matriz-de-riesgo.pdf](https://www.itaes.org.ar/EntidadesAsociadas/Art_G-Iratorre_Matriz-de-riesgo.pdf)
18. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2014). *Almacenamiento de productos químicos. Orientaciones para la identificación de los requisitos de seguridad en el almacenamiento de productos químicos peligrosos*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Almacenamiento+de+productos+quimicos.pdf/87f75b14-b979-4745-8bb5-5f6cb7d49e53>
19. Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo y Plena Inclusión Madrid (2021). *Prevención de riesgos laborales. Manual de nivel básico. En lectura fácil*. Madrid: Yesser Publicidad. Recuperado de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM050486.pdf>
20. Químicos Industriales Asociados (2017). *Cl<sub>2</sub>, cloro gaseoso (Ficha técnica VEFT0005)*. Cundinamarca: Autor. Recuperado de

<http://files8.design-editor.com/94/9409855/UploadedFiles/39C19F13-415B-4EBF-9873-827BC18A7845.pdf>

21. Larriva, S. (2019). Manipulación y almacenamiento de sustancias químicas en la industria de muebles de madera en la ciudad de Cuenca. *Revista VirtualPRO*, 45-53. Recuperado de <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3071821>
22. Montoya, M. (2020). *Análisis FODA*. Pachuca de Soto: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo UAEH. Recuperado de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/prepa1/2020/analisis-foda.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa1/2020/analisis-foda.pdf)
23. Mora, L. (Octubre, 2016). Conferencia anual latinoamericana sobre delitos financieros de la ACFSC. *Guía práctica – armado una precisa matriz de riesgos*. Congreso llevado a cabo en Ciudad de Panamá, Panamá.
24. Murcia, A. (Febrero, 2020). Intervención del riesgo químico mediante el sistema globalmente armonizado en el comercio de sustancias peligrosas. *Revista Cultura del Cuidado Enfermería*, 17(1), 20-31. Recuperado de <https://doi.org/10.18041/1794-5232/cultrua.2020v17n1.7203>
25. Parada y Lisboa. (2020). *Manual de manejo de sustancias peligrosas (manual MA000GA.020 R5)*. Santa Cruz: Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE). Recuperado de <https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2021/04/2.->

MA000GA.020-R5-Manual-de-manejo-de-sustancias-  
peligrosas.pdf

26. Roja, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima: OPS/CEPIS. Recuperado de <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc14574/doc14574-contenido.pdf>
27. Segura, A. (2018). *Guía técnica para le levantamiento de procedimientos y elaboración de manuales* (Guía DGPT-08.1-G-01). San José: MTSS. Recuperado de [https://www.mtss.go.cr/perfiles/lineamientos\\_circulares\\_directrices\\_politicas\\_internas/lineamientos-circulares-directrices-politicas%20internas/guia\\_procedimientos\\_2018.pdf](https://www.mtss.go.cr/perfiles/lineamientos_circulares_directrices_politicas_internas/lineamientos-circulares-directrices-politicas%20internas/guia_procedimientos_2018.pdf)
28. Servicio Nacional de Aprendizaje (s.f.). *Actos y condiciones inseguras*. [Presentación de PowerPoint]. SENA. Recuperado de [https://www.academia.edu/35962476/ACTOS\\_Y\\_CONDICIONES\\_INSEGURAS](https://www.academia.edu/35962476/ACTOS_Y_CONDICIONES_INSEGURAS)
29. Superintendencia de Riesgos del Trabajo (2014). *¿Qué es SGA?*. Buenos Aires: Autor. Recuperado de [https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2014/03/images\\_pdf\\_SGA.pdf](https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2014/03/images_pdf_SGA.pdf)
30. The Federal Office for Civil Protection (2014). *Gestión Integral del Riesgo. Su importancia para proteger a las personas y sus medios de sustento*. Madrid, Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Almacenamiento+de>

+productos+quimicos.pdf/87f75b14-b979-4745-8bb5-5f6cb7d49e53

31. Universidad Autónoma de Occidente (2011). *Guía de almacenamiento de productos químicos*. Valle del Cauca: Autor. Recuperado de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3035/Anexo%2025.%20Guia%20de%20Almacenamiento%20de%20Productos%20Quimicos%20DRH3.3.1-MU4-DEOM-3.3.4-F017.pdf?sequence=6>
32. Universidad de Costa Rica (2020). *Lineamientos para el almacenamiento de sustancias químicas (Documento LURQ-UCR-001)*. San José: Autor. Recuperado de [http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Lineamientos%20para%20almacenamiento\\_0.pdf](http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Lineamientos%20para%20almacenamiento_0.pdf)
33. Universidad de la Rioja (2021). *Seguridad en la manipulación de productos químicos peligrosos*. [Presentación de PowerPoint]. Universidad de la Rioja UR. Recuperado de [https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/curso\\_manipulacion\\_pq.pdf](https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/curso_manipulacion_pq.pdf)
34. United Nations Office on Drugs and Crime (2020). *Guía ilustrada para la Eliminación de las sustancias químicas utilizadas en la fabricación ilícita de drogas*. Viena: Naciones Unidas en Viena. Recuperado de [https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated\\_Disposal\\_of\\_chemicals\\_used\\_in\\_the\\_Illicit\\_manufacture\\_of\\_Drugs-SP.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Illustrated_Disposal_of_chemicals_used_in_the_Illicit_manufacture_of_Drugs-SP.pdf)



## APÉNDICES

Se adjunta matriz de coherencia que fue base para el inicio de la investigación y mostrar el objetivo del mismo.

### Apéndice 1. **Matriz de coherencia**

<b>MATRIZ DE COHERENCIA</b>		
ELEMENTOS DEL PROBLEMA (elementos de la problemática identificada que lo llevan al establecimiento de cada pregunta/objetivo)	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
<b>GENERAL</b> En la planta de tratamiento de agua potable específicamente en bodega no se cuenta con medidas de seguridad establecidas, por lo que existe una alta probabilidad de riesgos para la salud y la seguridad del trabajador, se debe identificar y evaluar los riesgos en el almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso para que las condiciones de trabajo sean las adecuadas.	¿Cómo se podría reducir los riesgos de salud y seguridad en la bodega de una planta de tratamiento de agua potable y cuáles serían las medidas específicas de prevención y protección para reducir amenazas y riesgos conexos en el almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso?	Establecer una metodología de evaluación de riesgos en el almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso en bodega, mediante métodos y herramientas de evaluación de incidencia y gravedad, para reducir los riesgos y mejorar las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores en una planta de tratamiento de agua potable.

Continuación apéndice 1.

<b>ESPECÍFICOS</b>	Identificación de los peligros utilizando una matriz de riesgos para evaluar la probabilidad y gravedad de riesgo en el almacenamiento y manipulación de sulfato de aluminio y cloro gaseoso.	1. ¿Cuáles son los peligros y riesgos en el área de almacenamiento y manipulación del sulfato de aluminio y cloro gaseoso?	Especificar la probabilidad y gravedad de riesgos en la manipulación y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso utilizando una matriz de riesgos.
	Las condiciones de seguridad necesarias en las instalaciones para el almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso presentan deficiencias o no se cumplen.	2. ¿Las condiciones actuales de las instalaciones donde se almacena el sulfato de aluminio y el cloro gaseoso presentan deficiencias o no cumplen con las medidas de seguridad necesarias?	Indicar propuestas de mejora para las condiciones actuales de almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso en la planta de tratamiento de agua potable.

Continuación apéndice 1.

ESPECÍFICOS	Ausencia de un manual o documento que indique los procedimientos correctos y uso del equipo de protección personal para la manipulación y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso.	3. ¿Cuál es el procedimiento correcto en la manipulación y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso?	Establecer un manual de procedimientos o instrucciones para la correcta manipulación y almacenamiento del sulfato de aluminio y cloro gaseoso.
	La reacción del personal ante una emergencia o accidente es limitada ante la ausencia de un plan que garantice atención adecuada bajo procedimientos establecidos.	4. ¿El personal conoce las acciones o medidas para prevenir o mitigar los riesgos ante una emergencia o accidente en el almacenamiento o manejo sulfato de aluminio y cloro gaseoso?	Establecer un plan de acciones o medidas para prevenir o mitigar los riesgos ante una emergencia o accidente en el almacenamiento y manejo del sulfato de aluminio y cloro gaseoso

Fuente: elaboración propia.



