



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE SEGURIDAD PARA EL
MANEJO DE DESECHOS CONTAMINANTES DE LA PLANTA
PROCESADORA DE MINERALES AURÍFEROS “HERMANOS FRANCO”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniería Industrial**

AUTORES: Rutilo Manuel Franco Chica
Víctor Manuel Romero Vaca

TUTOR: Ing. Iván Suárez Escobar, PHD

**Guayaquil-Ecuador
2022**


DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Franco Chica Rutilo Manuel con documento de identificación N° 0705637353 y Romero Vaca Víctor Manuel con documento de identificación N° 1208521698; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 1 de marzo del año 2023

Atentamente,



Franco Chica Rutilo Manuel
0705637353



Romero Vaca Víctor Manuel
1208521698

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Rutilo Manuel Franco Chica con documento de identificación No. 0705637353 y Víctor Manuel Romero Vaca con documento de identificación No. 1208521698, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: "PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DE DESECHOS CONTAMINANTES DE LA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES AURÍFEROS "HERMANOS FRANCO", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 1 de marzo del año 2023

Atentamente,



Rutilo Manuel Franco Chica
0705637353



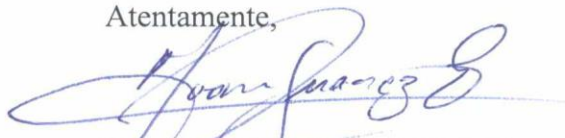
Víctor Manuel Romero Vaca
1208521698

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Iván Suárez Escobar, PhD, con documento de identificación N° 0909748287, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DE DESECHOS CONTAMINANTES DE LA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES AURÍFEROS HERMANOS FRANCO, realizado por Franco Chica Rutilo Manuel con documento de identificación N° 0705637353 y por Romero Vaca Víctor Manuel con documento de identificación N° 1208521698, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 1 de marzo del año 2023

Atentamente,



Ing. Iván Suárez Escobar, PhD.

0909748287

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios y a mis padres, Quiero expresar que me siento infinitamente agradecido con ellos por siempre estar predispuesto a brindarme su ayuda y apoyo incondicional.

A mi padre que desde un inicio me enseñó y me inculco valores los cuales hoy profeso, debido a eso hoy sé que con dedicación y esfuerzo todos podemos lograr nuestros objetivos, Y a mi madre por infundir en mí buenos valores y el respeto para ser un profesional con principios y un gran ser humano.

Víctor Manuel Romero Vaca

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a Dios y a toda mi familia, especialmente a mis padres, quienes me apoyaron desde un principio y estuvieron junto a mí en momentos buenos y malos. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños y a afrontar las dificultades sin desistir nunca.

Me han guiado a convertirme en la persona que soy hoy en día, mis valores, mis principios, mis metas y mi perseverancia. Demostrando que con esfuerzo y dedicación se pueden cumplir tus metas y objetivos.

Rutilo Manuel Franco Chica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta el final de mis estudios universitarios, ya que culminarlos es una de tantas metas que quiero alcanzar, agradecerle por siempre darme fuerzas para seguir adelante y así poder cumplir uno de mis mayores logros. Necesito agradecerle a mi Padre por siempre brindarme su apoyo incondicional, por aconsejarme de la mejor manera, te agradezco por estar siempre para mí.

Quiero agradecer a mi madre que en ningún momento me ha dejado solo, por estar dispuesta a mí de forma incondicional sin importar la situación o circunstancia, quiero agradecerle infinitamente por infundir en mí valores y principios, ayudándome a convertirme en una mejor persona con el pasar del tiempo.

Quiero agradecerle a mi hermano Abel por siempre brindarme su apoyo incondicional. Agradecerle por aquellos consejos que no me dejaron desmayar nunca.

Quiero agradecerle a mi Abuela Herlinda por siempre aconsejarme y guiarme por el camino del bien, les agradezco por siempre ser cómplice y participe de tantas aventuras, gracias por formar parte de mi vida y ser complemento fundamental de mi familia.

Y por último, pero no menos importante quiero agradecerles a mis amigos Rutilo, Carlos y Josué por ser verdaderos amigos, agradecerles por todos los momentos vividos y por siempre estar presentes en las buenas y las malas.

Víctor Manuel Romero Vaca

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida y de mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en momentos débiles y por brindarme una vida llena de experiencias, aprendizajes y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Rutilo y Paquita por brindarme su apoyo en todo momento, por los valores inculcados dentro de casa, por siempre confiar en mí y darme su amor incondicional. Han sido mis pilares en esta vida y gracias a eso estoy culminando mis estudios, han sido unos excelentes que siempre me guiaron por el camino del bien.

Agradecer a mis hermanas Dudfary, María, Yaritza y Camila por ser parte importante en mi vida, Gracias no solo por estar conmigo en las buenas y malas sino también por cuidarme desde muy pequeño y ayudarme en mis estudios, demostrando así su amor incondicional.

Quiero agradecerles a las personas que más admiro a mi tío Ruperto y a mi primo Jhordy por brindarme su apoyo y acogerme en su hogar, por haber guiado y enseñado lo necesario para ser llevaderos estos cinco años de carrera universitaria.

Y, por último, quiero agradecer a mis amigos Víctor y Josué por los buenos momentos compartidos y vividos, Por haberme permitido aprender de ellos tanto profesional como personalmente. Y a mis amigos de Universidad aquellos que me acompañaron y estuvieron ahí desde el primer semestre hasta ahora, gracias por todo lo compartido y aprendido. Y en especial a mi compañero de tesis y hermano por los consejos y por haberme soportado tanto en todo este trayecto profesional y personal.

Rutilo Manuel Franco Chica

RESUMEN

Para la elaboración del presente proyecto fue necesario utilizar inspecciones de campo en la planta procesadora de materiales auríferos “Hermanos Franco” la cual permitió visualizar los peligros existentes, como los riesgos laborales, así como aspectos ambientales negativos presentes en la planta. En consecuencia, la investigación tuvo por objetivo proponer un plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”. La metodología aplicada correspondió a un enfoque cualitativo, de tipo descriptiva y método no experimental, empleando como técnicas de recolección de datos una entrevista, la matriz INSHT y la matriz GTC-45. Los resultados indicaron que los trabajadores que laboran en los procesos de trituración, molienda, concentración gravimétrica, flotación, lixiviación, en el proceso Merrill Crowe, fundición y en la disposición de residuos están sujetos a riesgos de carácter físico, mecánico, químico, biológico, ergonómico y psicosocial. Estos según la opinión del entrevistado pueden afectar seriamente la salud y el bienestar de las personas a corto o largo plazo. Referente a la encuesta, se observó que los desechos que produce la planta aluden a los residuos de productos químicos (54,3%) y lodos, ceniza y relave (45,7%) los cuales han provocado enfermedades respiratorias (54,3%) e irritación de los ojos y de la piel (48,6%). A través de las matriz INSHT se observó que los trabajadores se encuentran expuestos a un riesgo intolerable de la proyección de partículas, polvo orgánico e inorgánico, enfermedades respiratorias, mala calidad del aire, estrés laboral, exposición de materiales tóxicos, sustancias químicas y desechos contaminantes. Por otro lado, los hallazgos de la matriz GTC-45 permitieron reconocer que la exposición a desechos contaminantes mantiene un nivel de riesgo I indicando que es no aceptable, esto al evidenciar que es un factor generador de enfermedades e irritaciones en la piel que pueden conducir a consecuencias negativas significativas. Por consiguiente, el plan de gestión se estructuró considerando cinco fases que van desde la identificación de los desechos hasta el monitoreo y la evaluación del plan.

Palabras Claves: Peligro, Riesgo, Enfermedad, Impacto medioambiental y matriz GTC -45.

ABSTRACT

For the elaboration of this project it was necessary to use field inspections in the "Hermanos Franco" gold materials processing plant, which allowed to visualize the existing dangers, such as occupational risks, as well as negative environmental aspects present in the plant. Consequently, the objective of the investigation was to propose a safety management plan for the management of polluting waste from the "Hermanos Franco" gold mineral processing plant. The applied methodology corresponded to a qualitative approach, of a descriptive type and non-experimental method, using an interview, the INSHT matrix and the GTC-45 matrix as data collection techniques. The results indicated that the workers who work in the crushing, grinding, gravimetric concentration, flotation, leaching processes, in the Merrill Crowe process, smelting and in waste disposal are subject to risks of a physical, mechanical, chemical, biological, ergonomic and psychosocial. These, according to the opinion of the interviewee, can seriously affect the health and well-being of people in the short or long term. Regarding the survey, it was observed that the waste produced by the plant refers to the residues of chemical products (54.3%) and sludge, ash and tailings (45.7%), which have caused respiratory diseases (54.3%) and eye and skin irritation (48.6%). Through the INSHT matrix, it was observed that workers are exposed to an intolerable risk of the projection of particles, organic and inorganic dust, respiratory diseases, poor air quality, work stress, exposure to toxic materials, chemical substances, and polluting waste. On the other hand, the findings of the GTC-45 matrix allowed us to recognize that exposure to polluting waste maintains a level of risk I indicating that it is not acceptable, this by evidencing that it is a factor that generates diseases and skin irritations that can lead to significant negative consequences. Therefore, the management plan was structured considering five phases that go from the identification of waste to the monitoring and evaluation of the plan.

Keywords: Hazard, Risk, Disease, Environmental impact and GTC -45 matrix.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Importancia y alcances.....	5
1.3 Delimitación.....	7
1.4 Objetivos	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes teóricos.....	9

2.1.1 Gestión de seguridad.....	13
2.1.2 Minería.....	15
2.1.3 Tipos de minería.....	15
2.1.4. Minerales auríferos.....	17
2.1.5 Impactos de la minería aurífera.....	18
2.1.6 Explotación minera.....	19
2.1.7 Manejo de minerales y productos.....	20
2.1.8 Tipos de desechos mineros.....	21
2.1.9 Métodos de eliminación de residuos mineros.....	24
2.1.10 Contaminación.....	26
2.1.11 Contaminación ambiental generada por la minería.....	29
2.1.12 Gestión de residuos peligrosos.....	30
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	31
3.1 Enfoque de la investigación.....	31
3.2 Métodos de estudio.....	31
3.2.1 Métodos lógicos.....	31
3.2.2 Métodos empíricos.....	32
3.3 Tipo de investigación.....	32
3.3.1 Investigación descriptiva.....	32
3.4 Fuentes técnicas para la recolección de información.....	33
3.5 Población y muestra.....	33
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	35
4.1 Desarrollo de la recolección de la información.....	35
4.2 Resultados de la matriz INSHT.....	35
4.3 Resultados de la matriz GTC-45.....	46
4.4 Análisis de los resultados de la entrevista.....	52
4.5 Análisis de los resultados de la encuesta.....	55

4.6 Propuesta del plan de gestión de seguridad.....	63
4.6.1 Objetivo del plan de gestión de seguridad	63
4.6.2 Alcance del plan de gestión de seguridad	63
4.6.3 Responsables del plan de gestión de seguridad.....	63
4.6.4 Estructura del plan de gestión de seguridad.....	64
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Riesgos</i>	55
Figura 2 <i>Percepción de efectos en la salud</i>	56
Figura 3 <i>Identificación y valoración de peligros</i>	57
Figura 4 <i>Desechos contaminantes</i>	58
Figura 5 <i>Manejo correcto de los desechos contaminantes</i>	59
Figura 6 <i>Reconocimiento de efectos en la salud</i>	60
Figura 7 <i>Percepción del plan de gestión de seguridad</i>	61
Figura 8 <i>Beneficios del plan de gestión</i>	62
Figura 9 <i>Afiche informativo sobre la estructura del plan de gestión</i>	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Evaluación de riesgos del proceso de trituración, molienda y concentración gravimétrica</i>	37
Tabla 2 <i>Evaluación de riesgos del proceso de flotación, lixiviación y proceso Merrill Crowe</i>	39
Tabla 3 <i>Evaluación de riesgos del proceso de fundición</i>	41
Tabla 4 <i>Evaluación de riesgos del proceso de disposición de residuos</i>	43
Tabla 5 <i>Resultados de la matriz GTC-45</i>	46
Tabla 6 <i>Riesgos</i>	55
Tabla 7 <i>Percepción de efectos en la salud</i>	56
Tabla 8 <i>Identificación y valoración de peligros</i>	57
Tabla 9 <i>Desechos contaminantes</i>	58
Tabla 10 <i>Manejo correcto de los desechos contaminantes</i>	59
Tabla 11 <i>Reconocimiento de efectos en la salud</i>	60
Tabla 12 <i>Percepción del plan de gestión de seguridad</i>	61
Tabla 13 <i>Beneficios del plan de gestión</i>	62
Tabla 14 <i>Matriz de registro de desechos contaminantes</i>	64
Tabla 15 <i>Plan de capacitación</i>	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Cuestionario de la entrevista.....	87
Anexo B. Cuestionario de la encuesta.....	88
Anexo C. Síntesis de los hallazgos de la encuesta	90

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EPP: Equipos de protección personal

INSHT: Matriz de identificación de peligros y riesgos Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

GTC-45: Guía técnica colombiana 45

INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos peligrosos incluye los procedimientos de recolección, transporte y disposición, utilizados para disponer de residuos que han sido clasificados como potencialmente peligrosos para la salud humana y el medioambiente, manejo integrado de residuos sólidos. Es una medida planificada, que implica la selección de técnicas adecuadas para clasificar y cuantificar los residuos que se producen en los diferentes procesos y adoptar programas de gestión idóneos para lograr las metas establecidas en la gestión de residuos peligrosos (INCINEROX, 2019).

El tratamiento de residuos peligrosos se encuentra en continua transformación, que involucra la reducción de cantidades y niveles peligrosos, la destrucción de materiales no contenibles y la contención de estos residuos. Sin embargo, el manejo de estos residuos genera otras sustancias, como gases de escape, aguas residuales y desechos sólidos; cuyo proceso de gestión debe llevarse a cabo según sus características (Botero et al., 2017).

El Reglamento Ambiental se refiere a las obligaciones comunes de los ciudadanos y del estado, define una serie de normas en cuanto al respeto a la naturaleza y al uso de los recursos, reparación de las áreas dañadas, etc. La restauración de las áreas dañadas se debe fortalecer con la promoción de políticas preventivas como herramienta útil para evitar daños graves, así como la adopción de todo tipo de medidas educativas que se puedan utilizar para difundir una mejor cultura ecológica (Burbano, 2021).

En cuanto a las infracciones administrativas, el Código Orgánico del Ambiente ha consagrado en su cuerpo normativo para el desarrollo de infracciones y sanciones. El artículo 314 comienza definiendo que es una infracción administrativa, y los artículos 315, 316 y 317 enumeran un reglamento y todas las infracciones administrativas que pueden incurrir, clasificándolas en leves, graves y muy graves (República del Ecuador y Asamblea Nacional, 2017).

Por otra parte, es necesario analizar que, en el Ecuador, el (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018), con respecto al Reglamento Ambiental de Actividades Mineras (RAAM), en lo que concierne a la fase de exploración inicial precisan llevar un registro

ambiental, puesto que con la observación de la actividad ejecutada se indica que la responsabilidad por la acción observada recae solidariamente en el o los titulares mineros.

De igual manera es importante acotar, dentro de la Ley de Minería, norma el ejercicio de los derechos soberanos del Estado ecuatoriano, en lo que se refiere a la administración, regulación, control y gestión del sector minero, con la principal visión de enfocar el desarrollo sostenible, precaución, prevención y eficiencia. Así como a hacer prevalecer el cuidado ambiental, obligando así a los mineros a considerar que para iniciar en sus actividades deben tener estudios y documentos ambientales que permitan realizar el reparo a los impactos ambientales (Ministerio del Ambiente, 2018, p. 3).

Todo plan de seguridad ambiental tiene sus ventajas y desventajas, con diferencia en el precio de solución y en el área afectada. Generalmente cuando se busca extraer oro o mineral que lo contengan, se produce una gran contaminación por residuos químicos tóxicos y un daño a la tierra. Los peligros que pueden poseer los materiales usados en estas instalaciones pueden llegar a ser corrosivos, inflamables, volátiles, tóxicos, reactivos, entre otros dependiendo del mineral extraído y “separado” del mineral, además que la acumulación de estos materiales por tiempos prolongados termina por dejar daños irreparables por décadas a la tierra (Fienco et al. 2019).

La Seguridad Ambiental es una herramienta creada con la finalidad de cubrir la responsabilidad civil en caso de accidente y daños ocasionados al medioambiente. Cada día, más países están incorporando la protección ambiental en sus constituciones y leyes, junto con la responsabilidad de las personas naturales y jurídicas, cuyas actividades mineras, industriales, etc., puedan causar daños. En este sentido, la ley ecuatoriana ha sido muy precisa estableciendo en el Art. 183 del Código Orgánico del Ambiente dicha seguridad ambiental para evitar daños irreparables a la naturaleza (República del Ecuador y Asamblea Nacional, 2017). Como base para la gestión se podría evaluar con qué tipo de materiales se está trabajando el terreno, además del tipo de zona para poder tener una idea acerca del tipo de contaminación que se puede llegar a producir además de los peligros a los que también se estarán exponiendo los trabajadores.

Una vez se considera el escenario ideal e indeseable se puede trazar un punto de partida a favor de maximizar la eficiencia y eficacia laboral, también el saber qué áreas requieren más atención dependiendo de la temporada puede ayudar a minimizar los gastos ineficientes sin llegar al punto del descuido de dichas zonas o departamentos, con esto aclarado la gestión puede empezar a concretar una idea que se buscare desarrollar, conforme se vayan transformando en proyectos, patrocinios, etc.

La presente investigación se desarrolla con el objetivo de proponer un plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”. Para la elaboración de aquello, fue necesario distribuir el proyecto en cinco capítulos que serán detallados a continuación.

Dentro del primer capítulo se integra la caracterización del problema en función de los antecedentes referenciales, relevancia, delimitación y la mención de los objetivos. Luego, el segundo capítulo abarca el desarrollo del marco teórico en el que se mencionaran definiciones y conceptos necesarios para sustentar el trabajo. Por su parte, el tercer capítulo está asociado al marco metodológico, en el cual se demuestran los procedimientos, enfoques, alcances, técnicas y artefactos necesarios para llevar a cabo el análisis. El cuarto capítulo describe los resultados obtenidos, así como las interpretaciones dadas a cada hallazgo experimental y su interacción con el cumplimiento de los objetivos planteados. El quinto capítulo representa la propuesta de las actividades apropiadas para solventar los problemas identificados, así como mejorar la seguridad del manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora. Finalmente, se mencionan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Los desechos contaminantes son aquellos desechos que contienen sustancias químicas o elementos biológicos tóxicos que pueden dañar el medioambiente si no se manejan adecuadamente. Estos desechos pueden provenir de procesos de fabricación, operaciones de limpieza, descontaminación, uso de productos químicos o el tratamiento de aguas residuales. En una planta procesadora de minerales auríferos, los desechos contaminantes pueden incluir materiales de residuos peligrosos, líquidos, sólidos, polvo, gases y otros, que se generan durante el procesamiento, tratamiento, almacenamiento, transporte y eliminación de desechos. Estos deben manejarse de forma segura para evitar la contaminación del aire, el agua y el suelo (Molina et al. 2021).

El manejo adecuado de los desechos contaminantes se lleva a cabo mediante el uso de prácticas de seguridad apropiadas, como el uso de equipos de protección personal, el manejo adecuado durante el transporte, el almacenamiento seguro y la eliminación adecuada. Además, es importante sean clasificados y etiquetados para facilitar su manejo y eliminación y se deben utilizar contenedores de acorde a su funcionalidad para su almacenamiento. Finalmente, deberán ser eliminados en instalaciones autorizadas para su tratamiento (López & Pomaquero, 2020).

Cabe destacar que, las consecuencias de un mal manejo de desechos contaminantes pueden ser muy graves, ya que pueden tener un impacto negativo en el medioambiente, la salud humana y la economía. Esto incluye la contaminación del aire, del agua y del suelo, dichas acciones pueden liberar sustancias químicas y materiales peligrosos al aire, al agua y al suelo. Por su parte, el daño ecológico puede afectar la biodiversidad, destruyendo el hábitat de plantas y animales. Consecuentemente, la ingesta de sustancias químicas y materiales peligrosos puede conducir a enfermedades en humanos, animales y plantas. Además, puede reducir la producción agrícola, la pesca y la producción industrial, lo que puede tener un impacto significativo en la economía local (Esparza et al. 2022).

Por ello, es esencial operar de manera segura los desechos contaminantes cumpliendo con todas las regulaciones nacionales e internacionales de gestión de desechos. El plan de gestión proporciona la estructura necesaria para desarrollar procedimientos de gestión de desechos, identificar los diferentes tipos de desechos contaminantes, evaluar los riesgos asociados con los desechos y decidir cómo y dónde los desechos deben ser tratados y eliminados. Esto protegerá a la planta procesadora de posibles sanciones por violar las regulaciones de desechos, y también ayuda a proteger al medioambiente evitando la contaminación y el desarrollo de problemas relacionados con la salud pública (Guzmán et al. 2021).

1.2 Importancia y alcances

Llevar a cabo un mal plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de una planta procesadora de minerales auríferos pueden incluir la contaminación de suelos, aire y agua, lo que puede afectar la salud de la población local. Asimismo, pueden matar o enfermar a la fauna local, en consecuencia, tener un gran impacto en la biodiversidad de la región, provocando enfermedades graves en quienes los consuman. De igual forma, se integran los daños a la imagen de la empresa, ya que, la falta de planes de seguridad adecuados puede dar lugar a que la organización sea vista de forma negativa por la sociedad, lo que puede afectar la reputación de la empresa. En función de aquello, puede contraer multas y sanciones, afectando de esta forma a las finanzas (García et al. 2019).

El correcto manejo de desechos contaminantes es esencial para proteger el medioambiente, la salud humana y los ecosistemas. Esto implica el almacenamiento adecuado de los desechos para evitar el derrame de sustancias tóxicas en el suelo, el agua y el aire. El manejo seguro de los desechos también evita la propagación de enfermedades transmitidas por insectos y roedores, que pueden ser una amenaza para la salud pública. La mejor manera de reducir la cantidad de desechos contaminantes es la prevención, esto involucra el aprovechamiento de los recursos naturales de manera sostenible, así como el uso de tecnologías limpias y el reciclaje de desechos para evitar la generación de residuos. Al eliminar los desechos contaminantes, se mejora la calidad del aire, el agua y el suelo. Además, puede contribuir a la reducción

de los costos asociados con la eliminación y el almacenamiento de desechos (García et al., 2019).

A fin de comprobar la magnitud del problema, se establece el estudio de Vilela et al. (2020) quienes expresaron que la minería ha generado consigo, consecuencias irreparables y graves en el medioambiente. Sin embargo, destacan que no es imprescindible erradicar esta actividad por completo, al contrario, por su impacto en la economía, dichas operaciones se deben llevar a cabo de forma consciente y adecuada a fin de garantizar la salud ambiental y de los trabajadores. En el trabajo de Pérez (2019) se identificó que los residuos sólidos mineros representan un peligro potencial para el medioambiente, mientras que, en la investigación de Huaranga et al. (2021) se identificaron contaminantes que superaban el límite permitido en los suelos, destacando el plomo, el aluminio, el arsénico y el hierro.

Por otro lado, en el trabajo de Maldonado (2019) se identificó que los riesgos de contaminación producto del manejo de los desechos tóxicos en una empresa minera implican la fuga de cianuro de las tuberías hacia las relaveras, las filtraciones internas y la contaminación a causa de la relavera. De igual forma, es rescatable mencionar el impacto que genera la minería en la salud humana, destacando que los trabajadores de este sector están sujetos a diferentes riesgos que suponen eventos catastróficos como explosiones, derrumbes, incendios, asfixia, intoxicaciones letales y agudas, en conjunto con la muerte (Sociedad Argentina de Pediatría, 2020).

Es así como, este trabajo de investigación se justifica por la utilidad de la indagación al desarrollo de la sociedad y el aporte que representa para la carrera de ingeniería industrial puesto que orienta el manejo de los desechos y agentes contaminantes. En tal sentido, se considera como beneficiarios principales del estudio la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” y en general a la industria minera de la provincia de El Oro. Esto debido a que, con las acciones que se precisan sobre el cuidado del medioambiente brindando pautas y estrategias de protección, se fomentará un manejo pertinente de los desechos mineros. También se verán beneficiados los demás organismos públicos y privados de este sector empresarial y diferentes autoridades; como beneficiarios indirectos, se integra el público académico que desee conocer sobre la problemática de la industria minera y qué es lo que pueden

hacer para efectuar un manejo adecuado de los desechos contaminantes en el procesamiento de minerales auríferos. Asimismo, se busca solventar la necesidad que tienen los trabajadores en diversas áreas para la organización y cumplimiento de la normativa legal vigente en el país para brindar un ambiente seguro con lo cual se aporte el mejoramiento y crecimiento económico de este sector en el Ecuador.

En cuanto a la forma en cómo se manifiesta la problemática dentro de la organización, se destaca que a pesar de que la planta procesadora de minerales auríferos cuenta con protocolos para la manipulación de los desechos contaminantes, se destaca la falta de un plan de gestión de seguridad para el manejo de los mismos. Además, la organización carece del registro y la documentación necesaria que oriente al trabajador al respecto de la manipulación que debe realizar. Por otro lado, es indiscutible mencionar que, cada seis meses se realizan capacitaciones eventuales y de forma anual se establece un cuestionario para revisar los conocimientos sobre los riesgos e incidentes que pueden generarse en las áreas de la planta. Sin embargo, no se tiene identificado de forma concreta los principales riesgos a los cuales se encuentran sujetos los trabajadores, por tal motivo, es importante medir los riesgos a través de diferentes matrices que valoren los peligros y fundamenten el desarrollo de medidas de intervención.

1.3 Delimitación

Geográfica: Ecuador – El Oro

Temporal: 2023

Sectorial: Portovelo

Institucionalmente: Planta de procesamiento de minerales auríferos

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Proponer un plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”

1.4.2. Objetivos específicos

1. Identificar los riesgos de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” utilizando la matriz INSHT.
2. Evaluar los riesgos identificados mediante la matriz GTC-45.
3. Desarrollar un cronograma de actividades para conocer los riesgos de la organización, guías personalizadas para trabajadores, afiches con información sobre el buen manejo de los desechos, acciones a tomar para contrarrestar las afectaciones causadas por los riesgos identificados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En la presente sección se realiza un abordaje sobre los desechos contaminantes que genera el sector de la minería, el manejo y gestión de estos residuos y la importancia del plan de gestión de seguridad en este contexto desde la perspectiva de múltiples autores, conocimiento que contribuye a la estructuración y orientación del tema de estudio.

2.1 Antecedentes teóricos

La minería es una de las actividades humanas más antiguas y ha desempeñado un papel importante en la formación de la civilización, esta acción se remonta a la prehistoria, cuando los primeros humanos usaban herramientas rudimentarias para extraer minerales de la tierra. Durante la Edad de Piedra, los humanos aprendieron a trabajar con la piedra para crear herramientas cada vez más sofisticadas, mismas que permitían extraer minerales con mayor facilidad y eficacia (Berger & Alexander, 2020).

Durante la Edad de Bronce la minería avanzó aún más, puesto que, los antiguos egipcios, sumerios, babilonios, griegos y romanos usaron herramientas de hierro para extraer minerales de la tierra. Esto les permitió obtener los recursos necesarios para construir sus obras arquitectónicas, armas y otros instrumentos. En la actualidad, la minería continúa siendo una actividad importante, donde la tecnología moderna ha mejorado mucho el proceso minero (Montoya et al., 2020). Hoy en día, hay una variedad de herramientas y técnicas que se utilizan para extraer los minerales de la tierra, estas incluyen equipos de perforación, de procesamiento de minerales y de transporte. Cabe mencionar que, la minería también se ha vuelto cada vez más sofisticada, permitiendo a las empresas extraer minerales de forma más eficiente y segura (Garzón, 2022).

Con respecto a los minerales auríferos, estos han sido conocidos desde la antigüedad, existiendo testimonios históricos que hablan de su uso en la joyería y en la ornamentación desde el Imperio Romano y los tiempos bíblicos. Dentro de este contexto, se especifica que el oro se menciona en el Antiguo Testamento de la Biblia

y se dice que fue usado para adornar el tabernáculo de los judíos. Por otro lado, en la Edad Media, el oro fue uno de los metales más preciados y utilizados en la creación de joyas, monedas y otros elementos decorativos. Los minerales auríferos también fueron un factor importante en el comercio internacional, ya que eran una de las principales formas de intercambio de bienes entre los imperios europeos (Boussingault & Roulin, 2022).

Durante la Edad Moderna, el descubrimiento de grandes yacimientos de minerales auríferos en América del Sur y América Central impulsó el desarrollo y la expansión de los imperios español y portugués, contribuyendo de forma significativa a la historia de estos países (Abdel, 2020). En los últimos siglos, el descubrimiento de nuevos yacimientos ha contribuido al crecimiento económico de muchos países, ya que estos minerales se han convertido en una de las principales fuentes de riqueza para muchas naciones; actualmente, los minerales auríferos siguen siendo una importante fuente de ingresos para diversas naciones, respaldando la economía mundial (D'yachkov et al., 2022).

Por su parte, con respecto a la minería en Ecuador, La minería en el Ecuador se inició alrededor del año 3500 a.C., cuando la cultura valdiviana era considerada la descubridora del territorio, la primera cultura alfarera en América, donde se tomó la arcilla para la construcción de la cerámica. Por lo que, otras civilizaciones como Machalilla y Chorrera fueron de gran importancia en el desarrollo. Por otro lado, la cultura Tolita predominaba en su trabajo con los metales, métodos de sustracción, aleaciones, el uso del oro, cobre, plata y platino. La cultura precolombina para la obtención de metales lavados de oro se dirigía a los ríos o explotación de tierras a través de túneles o galerías. Durante todo el Imperio del Tahuantinsuyo se utilizaron principalmente los siguientes minerales oro, plata, cobre, rocas preciosas y obsidiana (Almeida, 2019).

Durante la época colonial existían áreas metropolitanas correspondientes en función del valor del oro, Sevilla de oro, Logroño, Valladolid y Loyola. Durante el siglo XVI se dio un desarrollo de la metalurgia precolombina y un auge minero donde las regiones más productivas fueron Zaruma y Portovelo y su auge minero continuó hasta el siglo XVII y se convirtió en una actividad marginal hasta principios del siglo XVII.

siglo XX, que renace de nuevo. Un nuevo auge minero comenzó en la década de 1980 debido al aumento del costo del oro, por lo que los buscadores artesanales realizaron una búsqueda en la que encontraron depósitos de oro correspondientes en Ponce Enríquez, Nambija, Chinapintza y Guayzimi. Las clases se centraron en la minería artesanal, que llevó a cabo la restauración de oro con amalgama, y esto indicaba falta de organización y tecnología (Muñoz, 2019).

En 1830 se aprobó la primera ley para promover el fomento de las minas, luego en 1900 se estableció el término arrendamiento de minas. En 1937 se promulgó la Ley de Minería que concluyó que los materiales excavados dejados bajo tierra pertenecían al Estado. En 1991, se promulgó una Ley de Minería completamente nueva que agregó y definió los derechos mineros derivados de las concesiones mineras tanto de investigación (2 años de duración) como de explotación (20 años de duración). En 1997 fue concedido el Reglamento Ambiental de Obras Mineras, con el objetivo de convertirse en una herramienta normativa de la regulación ambiental nacional para el sector minero (Espinosa, 2021).

Por su parte, en 2009, se dio paso a la reestructuración de la Ley de Minería para promover la minería como un sector estratégico haciéndolo atractivo para la inversión de las principales organizaciones dedicada a estas actividades, por lo que el sector está obligado a regular, mantener el control y administrar la industria. Además, se determina a la composición institucional e incluye el cierre de mina en medio de las 8 etapas de la actividad minera. En 2013 hubo una reforma a la Ley Minería con el objetivo minimizar la cantidad de papel necesario para la ejecución de las actividades (Massa et al., 2018).

Además, hubo una reforma tributaria, que presumía que se registrarían ingresos extraordinarios sobre las ventas a un costo mejor que el pactado contractualmente, en la medida en que estas reformas implicaban que se registraran utilidades extraordinarias después de recuperada la inversión. De esta manera, se consideró a la minería un trabajo peligroso por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), por lo que es importante garantizar condiciones de estabilidad y salud en el laburo, dado el valor de esto, en el año 2014 se aprobó el Reglamento de Estabilidad y Salud en el Trabajo en el ámbito de la Minería. Esta tiene como propósito principal implementar

las normas para la implementación de la Ley Minería, de esta forma, se buscó proteger la estabilidad y salud ocupacional de todas las personas en todas las etapas de la actividad minera. A partir de este reglamento se establecerán las pautas generales para la realización de actividades de prevención de riesgos laborales en el régimen especial de la pequeña, mediana y gran minería (Banco Central del Ecuador, 2022).

La Ley de Minería ecuatoriana fue aprobada por la Asamblea Nacional el 18 de abril de 2008 y la nueva Ley de Minería fue publicada en el Registro Oficial el 29 de enero de 2009 (Asamblea Nacional, 2009). Esta licitación fue promulgada para regular las concesiones mineras en toda el área mediante la aplicación de mecanismos regulatorios precisos. Dichos mecanismos normativos también han permitido fortalecer la interculturalidad de la nación al hacer valer los derechos de los pueblos y nacionales, principalmente indígenas y afrodescendientes. Otro punto importante establecido en la Ley de Minería fue la probabilidad de prorrogar el plazo de la concesión una vez finalizado el respectivo período de ocupación (Estupiñán et al. 2021).

En otras palabras, los concesionarios mineros que renueven sus papeles de administración gozarían de otros 25 años para ejercer su profesión. En vista de esta reforma, el área reconoció a los concesionarios mineros registrados antes y desde 2005. Por ejemplo, más tarde ese año, se otorgaron a los concesionarios mineros registrados los años especificados en esta Ley; donde el plazo de concesión de las registradas anteriormente en 2005 era inferior a 25 años. Este reglamento minero constitutivo tenía como objetivo no solo fortalecer el descubrimiento de nuevos yacimientos y la extensión del tiempo efectivo de producción en las concesiones existentes, sino también atraer nuevos y cuantiosos capitales de inversión a través de la ejecución de proyectos con mayor posibilidad de generar regalías (Riaño, 2022).

Además, esta ley preveía la limitación de los derechos mineros, sean personales o colectivos, a no más de 150 hectáreas de concesión para personas naturales o jurídicas. Asimismo, se han rescindido las concesiones mineras de propiedad de trabajadores del sector público para reducir el manejo de información sensible y "privilegiada" por ocupar cargos públicos de interés para empresas gubernamentales como el Departamento de Energía y Recursos Naturales. Energías Renovables, Ministerio del

Ambiente y Ministerio de Minas. En noviembre de 2009, con el fin de continuar con el proceso de normalización del proceso de regularización de los concesionarios, se aprobó la Ordenanza General de la Ley de Minería. Esta ley introdujo la construcción de nuevos cuestionarios de proceso para solicitar nuevas concesiones. Sin embargo, el proceso de elaboración y formulación de estos cuestionarios se prolongó hasta 2016, período en el que no se registraron nuevas concesiones del tipo pequeña y gran minería. Esto resultó en una mala activación de la minería frente a las exigencias del gobierno ecuatoriano (Estupiñán et al. 2021)..

Finalmente, se concluye que la minería en Ecuador tiene una larga historia que se remonta a la época precolombina, cuando las culturas indígenas extraían oro y otros metales preciosos de las montañas de la región andina. Durante la época colonial, esta se convirtió en una actividad importante para la economía del país, y se desarrollaron numerosas minas de oro y plata. Para el siglo XXI, esta continúa siendo una actividad importante para la economía local, y se desarrollaron nuevos proyectos mineros para extraer minerales como el cobre, el hierro y el petróleo. Sin embargo, también ha sido objeto de controversia debido a sus impactos ambientales y sociales, por lo que se han implementado regulaciones y restricciones por parte del gobierno ecuatoriano (Banco Central del Ecuador, 2022).

En los últimos años, la industria minera en Ecuador ha estado en un estado de transición, en el que el gobierno ha instalado regulaciones más estrictas para proteger el medioambiente y las comunidades locales, y ha tratado de encontrar un equilibrio entre el desarrollo económico y la sostenibilidad. A pesar de los desafíos, sigue siendo una actividad importante el país y cuenta con importantes reservas de minerales como el oro, el cobre y el petróleo. Actualmente, existen varios proyectos mineros en el país, algunos de los cuales están en fase de exploración y otros en producción. Sin embargo, el desarrollo de nuevos proyectos mineros sigue siendo un tema controvertido, y su implementación está sujeta a múltiples regulaciones y restricciones gubernamentales (Espinosa, 2021).

2.1.1 Gestión de seguridad

La gestión de seguridad es el conjunto de prácticas, políticas y procedimientos que se utilizan para identificar, evaluar y gestionar los riesgos en una organización. Esta

puede abarcar diferentes ámbitos, como la seguridad física, ambientales, de información, cadena de suministro, entre otras. El objetivo es garantizar un entorno seguro y protegido para las personas, los activos y la información de la empresa, para lograr esto, se implica la identificación de las amenazas, la evaluación de la probabilidad y el impacto de estos riesgos. Dicho proceso deberá ser complementado con la implementación de medidas preventivas y correctivas para minimizar o eliminar esos riesgos. Por lo que, las prácticas realizadas pueden incluir sistemas de gestión, evaluaciones, planificación, pruebas, capacitación del personal, monitoreo, y la comunicación con las partes interesadas sobre las medidas implementadas (Jaimes, 2018).

2.1.1.1 Gestión de seguridad ambiental

La gestión de seguridad ambiental se refiere a las prácticas y políticas utilizadas por organizaciones e individuos para prevenir, mitigar y gestionar los impactos ambientales adversos de sus operaciones. Esta actividad implica la identificación y evaluación de los riesgos medioambientales, la implementación de medidas preventivas y correctivas para minimizar o eliminar esos riesgos, y la medición y seguimiento del desempeño para mejorar continuamente la gestión. Además, puede abarcar diferentes ámbitos, como la gestión de residuos, sustancias químicas, agua, la biodiversidad, cambio climático y la energía. Por lo que es de suma importancia para la protección humana, así como para cumplir con las normas y regulaciones establecidas. También puede mejorar la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones, mejorar la reputación y la relación con las partes interesadas, y promover la sostenibilidad a largo plazo (García et al. 2019).

La gestión de seguridad ambiental implica un conjunto de procesos interrelacionados que se llevan a cabo para prevenir, mitigar y gestionar los impactos ambientales adversos de las actividades humanas. Estos procesos pueden variar según la organización y el contexto específico, sin embargo, a continuación, se presenta un ejemplo de los procesos comunes de la gestión de seguridad ambiental. En primer lugar, se realiza una evaluación de impacto ambiental, en esa se identificaran los posibles impactos de las operaciones de la compañía y evaluación de la magnitud y la probabilidad de estos impactos. Una vez establecido aquello, se ejecuta la planificación y diseño ambiental, que permitan prevenir o mitigar los resultados de las

actividades. En consecuencia, implementan las medidas correctivas para minimizar o eliminar los riesgos ambientales identificados, incluyendo la instalación de equipos de control de emisiones y prácticas de conservación (Ordóñez et al. 2018).

No obstante, el proceso no acaba ahí, dado que será necesario realizar una capacitación y sensibilización del personal sobre las políticas y prácticas de gestión de seguridad ambiental, así como la comunicación efectiva de los riesgos ambientales y las medidas de control a las partes interesadas. Estas actividades serán analizadas de mejor forma a través de un monitoreo regular de las emisiones para asegurarse de que se cumplen los estándares y regulaciones ambientales. Finalmente, poner en ejecución una revisión y mejora continua que puede involucrar otros procesos según las necesidades de la organización (Rojas & Arbeláez, 2020).

2.1.2 Minería

La minería es una actividad humana que ha existido desde la antigüedad y consiste en la extracción de minerales y otros materiales geológicos de la tierra. Estos materiales incluyen metales preciosos como el oro y la plata, metales básicos como el hierro y el cobre, minerales industriales como el carbón y el uranio, y otros materiales como piedras preciosas y minerales radioactivos. La minería se realiza en todo el mundo y es una industria importante que proporciona materias primas para la producción de bienes y servicios en una amplia gama de sectores, incluyendo la construcción, la fabricación de productos electrónicos y la generación de energía (Vásconez & Torres, 2018).

2.1.3 Tipos de minería

2.1.3.1 Minería de superficie

La minería de superficie es una técnica de extracción de minerales que se lleva a cabo en la superficie de la tierra, en este tipo de minería, se remueve la capa superficial para acceder a los depósitos de minerales, como oro, cobre, hierro y otros. Algunas de las técnicas comunes de minería de superficie incluyen el cielo abierto, dicha terminología se utiliza para referencia la extracción de minerales a gran escala, para ello, es necesario utilizar maquinaria pesada, como camiones, bulldozers y cargadores. Asimismo, se menciona a la minería de canteras, dentro de esta se recolectan rocas

rocas y minerales industriales, como piedra, arena y grava. Finalmente, la remoción de la capa superficial es una técnica utilizada para la extracción de minerales de menor calidad, como el carbón (R. Robles & Foladori, 2019).

2.1.3.2 Minería subsuperficial

La minería subsuperficial es una técnica de extracción de minerales que se lleva a cabo debajo de la superficie de la tierra. En este tipo de minería, se crean túneles o pozos para acceder a los depósitos subterráneos de minerales, como oro, plata, cobre y otros. Algunas de las técnicas comunes de minería subsuperficial incluyen minería subterránea, una técnica en la que se crean túneles subterráneos para acceder a los depósitos de minerales. Esta se utiliza para la extracción de minerales de alta calidad, como el oro y la plata, que se encuentran en depósitos profundos. Por su parte, la minería de pozos es una técnica de minería subsuperficial en la que se perforan pozos profundos para acceder a los depósitos de minerales subterráneos. La minería de pozos se utiliza para la extracción de minerales líquidos, como el petróleo y el gas natural. La minería subsuperficial puede tener impactos negativos en el medioambiente, como la contaminación del agua subterránea, la deformación de la superficie y la pérdida de hábitats naturales. Por esta razón, es importante llevar a cabo la minería subsuperficial de manera responsable y sostenible, implementando prácticas que minimicen los impactos negativos y respeten los derechos de las comunidades locales (Silva et al. 2021).

2.1.3.3 Minería de placer

La minería de placer es una técnica de extracción de minerales que se lleva a cabo en corrientes de agua o en playas de ríos y mares. En este tipo de minería, se utilizan técnicas manuales o mecanizadas para separar los minerales pesados, como el oro, el platino y otros, de la arena y el material ligero. La minería de placer es una forma antigua de extracción de minerales que se ha utilizado desde hace siglos en diferentes partes del mundo. Aunque puede ser una forma económica de obtener minerales, también puede tener impactos negativos en el medioambiente, como la degradación de los ecosistemas acuáticos y la contaminación del agua. Por esta razón, en muchos países se han implementado regulaciones para regular la minería de placer y minimizar sus impactos negativos en el medioambiente. Es importante destacar que l debe

llevarse a cabo de manera responsable y sostenible, respetando los derechos de las comunidades locales y protegiendo los ecosistemas acuáticos (Cabral et al. 2021).

2.1.3.4 Minería in situ

La minería in situ es una técnica de extracción de minerales que se lleva a cabo sin remover físicamente el material del yacimiento. En lugar de excavar o extraer el mineral, se utiliza una solución química para disolver el mineral y luego se recolecta la solución. La minería in situ se utiliza principalmente para la extracción de minerales tóxicos, como el uranio, el berilio y otros. Esta puede ser menos invasiva que otras formas de minería, ya que no requiere la remoción física del material del yacimiento. Sin embargo, también puede tener impactos negativos en el medioambiente, como la contaminación del agua subterránea y la degradación de los ecosistemas. Por esta razón, es importante llevar a cabo la minería in situ de manera responsable y sostenible, implementando medidas de seguridad y monitoreo para minimizar los impactos negativos y proteger el medioambiente y las comunidades locales (Muñoz, 2019).

2.1.4. Minerales auríferos

Los minerales auríferos se componen principalmente de oro, aunque también pueden contener minerales como la pirita, el arsenopirita, la calcopirita, la galena, la esfalerita y el cinabrio (González et al., 2021). El oro se encuentra sobre todo en forma de partículas microscópicas, llamadas partículas de oro, alojadas en cristales de cuarzo, calcedonia, baritina, pirita y otros minerales. Estos minerales se localizan en muchas partes del mundo, aunque la mayoría se hallan en América del Sur, África y Asia. El oro se extrae de estos minerales a través de una variedad de procesos, como la lixiviación, la amalgamación, la cianuración y la electrolisis, técnicas que se han utilizado durante siglos para producir oro de los minerales auríferos (Marín et al., 2020).

Cabe resaltar que, los minerales auríferos también se usan para la fabricación de joyería y otros objetos decorativos. El oro es un metal versátil y muy resistente a la corrosión, lo que lo hace ideal para usos tales como joyería y monedas; de igual forma, se utiliza para la fabricación de tecnología de circuitos impresos, electrónica de precisión, fabricación de baterías y otros dispositivos, además de ser un elemento de aplicación en la industria automotriz y en otros procesos industriales (Proenza et al.,

2020). En la actualidad, los minerales auríferos tienen una gran importancia en la industria moderna, en este caso, el oro extraído de los minerales puede ser utilizado como una forma de inversión ya que su valor no se ve afectado por la inflación (Shaltami et al., 2020).

2.1.5 Impactos de la minería aurífera

La minería de minerales auríferos, como el oro, puede tener diversos impactos económicos, sociales y ambientales, por ello, a continuación, se presentan las consecuencias de estas actividades. En cuanto al ámbito económico, estos procesos pueden contribuir al crecimiento financiero y a la generación de empleo, especialmente en regiones rurales o pobres que carecen de otras oportunidades. El oro extraído puede ser utilizado en una amplia gama de aplicaciones, desde la joyería hasta la electrónica y la medicina, lo que puede tener un impacto positivo en la economía local y global. Por otro lado, los minerales extraídos suelen ser invertidos en infraestructura y servicios en las comunidades cercanas, lo que puede tener beneficios dentro del territorio (Soto et al. 2020).

Por su parte, en el ámbito social suele conllevar conflictos sociales y la violación de los derechos humanos, especialmente en países donde las leyes y regulaciones son débiles o donde hay corrupción. Dado que, en muchas ocasiones existe una sobre explotación de las actividades, omitiendo las normativas establecidas por los gobiernos correspondientes. Asimismo, suelen aumentar las horas de trabajo del personal con fines de lucro. Por ello, se menciona que puede tener un impacto negativo en la cultura y las tradiciones de las comunidades locales, especialmente en las indígenas (Loza & Ccancapa, 2020).

Por otro lado, los daños ambientales de esta actividad son los más significativos, dado que, puede tener consecuencias graves como la degradación del suelo, deforestación, contaminación del aire y del agua, y la erosión del paisaje. A menudo, la extracción del oro involucra el uso de productos químicos tóxicos, como el mercurio y el cianuro, que pueden tener efectos perjudiciales en la salud humana y en los ecosistemas locales. De la misma forma, puede tener un impacto negativo en la biodiversidad, ya que, puede destruir hábitats naturales y reducir la diversidad de especies. De esta forma, se concluye que el efecto positivo o negativo de las actividades mencionadas dependerá

concretamente de factores como la ubicación, las prácticas de la compañía y normas a seguir donde se lleva a cabo la extracción. Por ello, es fundamental que los gobiernos y las empresas trabajen juntos para minimizar los impactos negativos de la minería de minerales auríferos y maximizar sus beneficios potenciales (Garate et al. 2021).

2.1.6 Explotación minera

La explotación minera es una actividad industrial que involucra la extracción de minerales del suelo y del subsuelo a fin de convertirlos en productos útiles para la sociedad; estos minerales incluyen carbón, cobre, oro, hierro, plomo, zinc, diamantes, entre otros (Ruban et al., 2021). La explotación minera puede implicar la excavación a cielo abierto, la minería subterránea, la perforación, el procesamiento y el tratamiento de minerales; a pesar de que es una actividad industrial que genera importantes beneficios económicos para los países, también conlleva importantes riesgos ambientales (Haro, 2020).

Cabe destacar que, la explotación minera es importante para el desarrollo económico, ya que es una fuente de ingresos para muchas comunidades alrededor del mundo. La minería también es vital para la producción de materiales y recursos naturales, tales como el hierro, cobre, oro, plata, gas, carbón, petróleo y otros minerales para la fabricación de productos industriales y de consumo (Ericsson & Löf, 2019). De igual forma, también contribuye a la generación de empleos, lo que mejora la calidad de vida de las personas, creando empleos directos e indirectos. En este ámbito, se reconoce que el sector minero ofrece empleos a largo plazo, estables y bien remunerados, dado que estos requieren de habilidades específicas y típicamente pagan mejor que la media (Channabasavaiah & Venkata, 2021). En cuanto a la creación de empleos indirectos, se enfatizan los puestos de trabajo generados en la infraestructura necesaria para llevar a cabo la explotación minera, como carreteras, canales de suministro y almacenes (Li & Cai, 2021).

A nivel mundial, la explotación minera se establece como una actividad importante, ya que los minerales y otros materiales son esenciales para muchas industrias, desde la construcción hasta la fabricación de tecnología. Muchos países dependen de la explotación minera para producir productos para la exportación, lo que les permite

generar divisas y mantener el crecimiento económico, demostrando el impacto que genera el sector en la economía nacional (Aguirre, 2021).

2.1.7 Manejo de minerales y productos

El manejo de minerales y sus productos se refiere al conjunto de actividades necesarias para transportar, almacenar y procesar los minerales y sus productos derivados. Estas actividades pueden incluir la extracción de los minerales de la tierra, el procesamiento de los minerales para separar el metal de otros materiales, el traslado de las sustancias derivadas a través de diferentes medios de transporte, y el almacenamiento temporal o permanente de los productos. Dicho proceso puede involucrar el uso de varios sistemas y tecnologías, dependiendo del tipo de mineral y de las acciones llevadas a cabo en su producción. Algunas de las más comunes suelen incluir la extracción de los minerales de la tierra a través de minería subterránea o a cielo abierto, luego la trituración en el que se reducirá el tamaño de estos elementos para facilitar su procesamiento. Acto seguido, deberá ser concentrado, es decir, separar el material adecuado para las actividades pertinentes a través de técnicas de separación física o química (Escalante et al. 2022).

En consecuencia, se deberá refinar los minerales obtenidos, es decir, el proceso de purificar los metales para eliminar impurezas y obtener productos de alta calidad. Una vez realizado aquello, será turno del almacenamiento, ya sea temporal o permanente y los productos derivados en depósitos y bodegas. Cabe recalcar que puede tener un impacto significativo en el medioambiente y la salud humana si no se lleva a cabo de manera responsable. De esta manera, es importante que se implementen prácticas y tecnologías adecuadas para minimizar los impactos negativos y proteger la salud y el bienestar de las comunidades locales y del medioambiente (Sotomayor, 2018).

Dada su relevancia, existen varias prácticas recomendadas para el manejo de minerales y sus productos que pueden ayudar a minimizar los impactos negativos en el medioambiente y proteger la salud y el bienestar de las comunidades locales. Algunas de estas prácticas son la planificación y monitoreo ambiental, que refiere a una evaluación regular capaz de detectar los aspectos desfavorables, esto puede incluir la identificación de áreas sensibles y la implementación de medidas de mitigación para

reducir los impactos en la biodiversidad, la calidad del agua y del aire, entre otros (Casadiego et al. 2017).

Asimismo, será fundamental la correcta práctica de la gestión de residuos generados en la actividad minera dado que previene la contaminación del suelo y del agua. Las prácticas recomendadas incluyen la separación de los residuos peligrosos y no peligrosos, su almacenamiento en instalaciones adecuadas, y su disposición final de acuerdo con las regulaciones locales. Este factor se encuentra complementado como el uso responsable de productos químicos, dado que la presencia de estos en las actividades minerales es indispensable los productos químicos utilizados en la actividad minera pueden ser tóxicos para la salud humana y el medioambiente. Por lo tanto, es importante seguir las recomendaciones de seguridad en su manipulación y almacenamiento, y minimizar su uso a través de la implementación de técnicas de producción más limpias y sostenibles (Ríos, 2018).

Por ello, la restauración del sitio después de la actividad minera puede ayudar a prevenir la degradación del suelo y a restaurar la biodiversidad en el área. Esto puede incluir la replantación de vegetación, la restauración de hábitats naturales, y la eliminación de las instalaciones mineras. Por otro lado, será de gran ayuda la participación activa de la comunidad local dado que, puede ayudar a identificar las preocupaciones y necesidades locales, y garantizar que la actividad se lleve a cabo de manera responsable y sostenible. Por lo que se recomienda que estas trabajen juntas para poner en funcionamiento prácticas responsables y sostenibles en la actividad minera, y garantizar que se respeten los derechos humanos y ambientales de las comunidades locales (Svampa & Mirta. 2021).

2.1.8 Tipos de desechos mineros

La extracción de minerales auríferos puede generar varios tipos de desechos mineros, que pueden tener un impacto significativo en el medioambiente si no se manejan adecuadamente. Algunos de los tipos de desechos mineros más comunes en la extracción de minerales auríferos son los siguientes:

2.1.8.1 Relaves o colas

Los relaves, también conocidos como colas, son los residuos sólidos que quedan después del procesamiento de minerales en una planta de procesamiento de minerales. Estos son la fracción de roca que no contiene minerales de interés económico y se separa del mineral valioso durante el procesamiento. Los relaves suelen consistir en partículas finas y sólidas, como arena y lodo, así como en sustancias químicas utilizadas en el proceso de extracción, como cianuro y ácido sulfúrico. Estos se almacenan en grandes depósitos, conocidos como represas de relaves o depósitos de colas, que pueden ocupar grandes extensiones de tierra. Dicha actividad es una cuestión crítica para la industria minera, ya que, los depósitos pueden presentar riesgos para el medioambiente y la salud humana si no se manejan de manera adecuada. Es por eso por lo que se han establecido regulaciones y estándares en muchos países para regular su manejo y disposición (Menéndez & Muñoz, 2021).

2.1.8.2 Agua de drenaje ácido

El agua de drenaje ácido también conocida como drenaje ácido de minas es un tipo de agua que se forma cuando las rocas que contienen sulfuros (como la piritita) que se exponen al aire y al agua. El sulfuro reacciona con estos elementos para formar ácido sulfúrico, lo que resulta en un agua de drenaje muy ácida y rica en metales pesados y otros elementos tóxicos. Por ello, es un problema ambiental importante asociado con la minería, ya que, se produce cuando se exponen a la superficie rocas que contienen sulfuros durante la exploración, excavación y procesamiento de minerales. Este líquido puede filtrarse a través de los depósitos de relaves y otros materiales de desecho y contaminar ríos, arroyos y acuíferos, lo que representa un riesgo para la salud humana y la vida acuática. De esta forma, el tratamiento de la misma es un desafío significativo para la industria minera y requiere un monitoreo y gestión cuidadosa de las áreas donde se produce. Los métodos de tratamiento incluyen la neutralización, la precipitación de metales y la separación de sólidos y líquidos para evitar su liberación al medioambiente (Gallardo et al. 2018).

2.1.8.3 Efluentes

Los efluentes producidos por las actividades mineras incluyen aguas de proceso y aguas de drenaje, y pueden ser una fuente significativa de contaminación del agua si

no se manejan adecuadamente. Las aguas de proceso son las que se utilizan en las operaciones mineras, como el procesamiento de minerales y la extracción de metales. Estas pueden contener sustancias químicas utilizadas en el proceso, como ácido sulfúrico y cianuro, así como metales pesados y otros contaminantes. Por su parte, las aguas de drenaje son aquellas que se generan cuando el agua entra en contacto con rocas y suelos que contienen minerales de sulfuro, lo que puede provocar la formación de agua de drenaje ácido y la liberación de metales pesados. Para evitar la contaminación del agua por los efluentes de la minería, se han establecido regulaciones y estándares para regular su manejo y disposición. Las empresas mineras pueden tratar estas aguas para reducir su contenido de contaminantes antes de liberarlas al medioambiente, o pueden reciclarlas para su uso en las operaciones mineras (Fernández et al. 2020).

2.1.8.4 Polvo y emisiones atmosféricas

El polvo y las emisiones atmosféricas son un problema ambiental importante asociado con la minería. Durante la exploración, excavación y procesamiento de minerales, se pueden generar grandes cantidades de polvo y emisiones atmosféricas, que pueden afectar la calidad del aire y la salud humana. En cuanto al polvo, se produce cuando se remueve la tierra y las rocas durante la extracción de minerales, lo que puede liberar partículas finas y sólidas en el aire. Estas partículas pueden contener sustancias tóxicas, como metales pesados y otros contaminantes, que pueden ser inhaladas y causar problemas respiratorios y otros problemas de salud (Méndez et al. 2018).

Por su parte, las emisiones atmosféricas se producen cuando se queman combustibles fósiles para generar energía o cuando se utilizan procesos químicos durante el procesamiento de minerales. Estas pueden contener gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono y metano, así como otros contaminantes, como óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, que pueden contribuir a la contaminación del aire y el cambio climático. Para minimizar el impacto de estas las empresas mineras pueden utilizar técnicas como la supresión de polvo, la gestión de combustibles y la tecnología de control de emisiones para reducir la liberación de contaminantes al aire. Por ello, es importante que se pongan en marcha prácticas adecuadas para el manejo de estos desechos y la prevención de su impacto negativo en el medioambiente y la salud humana. Las prácticas recomendadas pueden incluir la implementación de tecnologías

más limpias y sostenibles, la gestión adecuada de los residuos y la restauración del sitio después de la actividad minera. Además, es importante que las empresas y los gobiernos trabajen juntos para garantizar que se respeten los derechos humanos y ambientales de las comunidades locales (Brauer et al. 2019).

Además de los tipos de desechos mineros mencionados anteriormente, la extracción de minerales auríferos también puede generar otros impactos ambientales negativos, como la deforestación y la pérdida de hábitats naturales. La construcción de infraestructuras para la minería, como caminos, carreteras y plataformas, puede resultar en la degradación del suelo y la pérdida de la biodiversidad en el área. Por otro lado, el uso de productos químicos como cianuro y mercurio en la extracción de oro también puede ser peligroso para la salud humana y el medioambiente si no se manejan adecuadamente. El cianuro es altamente tóxico y puede filtrarse en el agua y el suelo, lo que puede contaminar fuentes de agua y afectar la biodiversidad. Mientras que el mercurio, se utiliza para amalgamar el oro, puede provocar daños neurológicos y otros problemas de salud en humanos y en animales que consumen pescado contaminado (Ureta et al. 2018).

Para prevenir y minimizar estos impactos negativos, es importante que las empresas mineras y los gobiernos pongan en funcionamiento prácticas responsables y sostenibles en la actividad minera. Esto puede incluir la implementación de tecnologías más limpias y sostenibles, la gestión adecuada de los residuos y la prevención de la contaminación del agua y del suelo. Además, es importante que se respeten los derechos humanos y ambientales de las comunidades locales y que se les involucre en el proceso de toma de decisiones (Arias et al. 2021).

2.1.9 Métodos de eliminación de residuos mineros

La eliminación de residuos mineros se refiere al proceso de deshacerse de los residuos que se generan durante la extracción y procesamiento de minerales. Estos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y pueden contener una amplia gama de sustancias peligrosas, incluyendo metales pesados, productos químicos tóxicos y material radiactivo. El proceso incluye diversas técnicas, tales como el almacenamiento en seco, el depósito de colas, la disposición en terrazas, la disposición subterránea o la inyección de residuos en pozos profundos. La elección del método de eliminación

depende de varios factores, incluyendo el tipo y cantidad de residuos generados, la disponibilidad de espacio y recursos, la geología local y la regulación ambiental. De esta forma, seguir los pasos del mismo tiene un impacto significativo en el medioambiente y en las comunidades locales, por lo que se deben implementar medidas adecuadas para minimizar los riesgos. Por ello, es importante seguir prácticas de gestión adecuadas y cumplir con las regulaciones ambientales y de salud y seguridad aplicables para prevenir la contaminación del aire, agua y suelo, y reducir los riesgos para la salud humana y la vida animal (Doria, 2018).

2.1.9.1 Almacenamiento en seco

En el almacenamiento en seco, los residuos se colocan en pilas o depósitos diseñados para este fin, donde se secan mediante la eliminación del agua. El objetivo es reducir el volumen de los residuos y minimizar su impacto ambiental. El almacenamiento en seco es una alternativa a otros métodos de gestión de residuos mineros, como el depósito de colas, donde se utilizan grandes cantidades de agua para transportar y almacenar los residuos. Esta se puede realizar en áreas especialmente designadas en la mina, donde se construyen estructuras de almacenamiento que suelen ser impermeables y se construyen para evitar que los residuos se filtren al suelo o al agua subterránea. Además, se pueden utilizar revestimientos para reducir la infiltración de agua en la estructura (Herrera, 2018).

2.1.9.2 Disposición en terrazas

La disposición de terrazas en minería se refiere al diseño y construcción de terrazas o bancos escalonados en una mina a cielo abierto. Este método se utiliza en la minería de superficie para maximizar la cantidad de mineral que se puede extraer de una zona determinada. Esta implica la excavación de una serie de niveles escalonados en el terreno, donde cada nivel se encuentra a una altura mayor que el anterior. Estos niveles se construyen mediante la remoción del material estéril (roca que no contiene mineral) y su disposición en la parte inferior del banco (Beltrán et al. 2018).

2.1.9.3 Disposición subterránea

La disposición subterránea en minería se refiere al diseño y construcción de túneles y cámaras subterráneas para la extracción de minerales en una mina subterránea. En

contraste con la minería a cielo abierto, la minería subterránea se lleva a cabo debajo de la superficie terrestre y utiliza técnicas diferentes para extraer los minerales. Esta implica la construcción de una red de túneles y cámaras en la roca para acceder a las reservas de mineral. La extracción se realiza mediante la perforación y voladura de la roca y la utilización de maquinaria especializada para el transporte y procesamiento del mineral (Zamora et al. 2020).

2.1.10 Contaminación

La contaminación es la introducción de sustancias, energía o materiales en un entorno que causan efectos negativos en la salud humana, el medioambiente o los sistemas naturales. Esta introducción puede ser causada por la actividad humana o por fenómenos naturales. Por lo que esta puede tomar muchas formas, como la liberación de productos químicos tóxicos en el aire, el agua o el suelo, el ruido excesivo, la contaminación lumínica, la emisión de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático, entre otros. Dichas acciones tienen efectos negativos en la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas, incluyendo el daño a los sistemas naturales, la reducción de la calidad del aire y del agua, la disminución de la productividad agrícola, y la reducción de la calidad de vida de las personas. Por ello, la prevención y la gestión adecuada de la contaminación son importantes para proteger el nivel sanitario del planeta y quienes residen en ella. De esta forma, se mencionan a las prácticas sostenibles y el uso de tecnologías limpias y renovables son formas efectivas de minimizar la contaminación y sus impactos negativos (Valdés, 2019).

2.1.10.1 Contaminación del aire

La contaminación del aire se refiere a la presencia en la atmósfera de sustancias que tienen un impacto negativo en la salud humana, los ecosistemas y el clima. Estas pueden ser naturales o artificiales y se emiten como resultado de actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la industria, el transporte, la minería, la agricultura y la generación de energía. Entre estas sustancias se encuentran los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, que contribuyen al cambio climático. También se encuentran los contaminantes del aire que afectan directamente la salud humana, como el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre, el ozono troposférico y las partículas finas. Estos elementos mencionados pueden tener graves consecuencias para la salud, como

enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, cáncer de pulmón y muerte prematura. Además, puede dañar la flora y la fauna, reducir la calidad del agua y del suelo y alterar el clima global (Robles et al. 2019).

La contaminación del aire por la extracción de minerales auríferos se refiere a la emisión de sustancias contaminantes en la atmósfera como resultado de la explotación de minas de oro. Estas emisiones pueden provenir de diversas fuentes asociadas a la extracción de oro, como la quema de combustibles fósiles en la maquinaria utilizada en las minas, la detonación de explosivos para extraer el mineral, la emisión de gases y partículas por los camiones que transportan el mineral y la liberación de gases y polvo durante el proceso de beneficio del mineral. Entre las sustancias contaminantes pueden por esta actividad se encuentran los óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas en suspensión, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles. Estos pueden tener efectos negativos en la salud humana y en el medioambiente, incluyendo enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, la lluvia ácida y la degradación del hábitat natural de las especies (Rocha et al. 2018).

2.1.10.2 Contaminación del agua

La contaminación del agua se refiere a la presencia en cuerpos de agua de sustancias, materiales y organismos que son perjudiciales para la salud humana, los ecosistemas acuáticos y el medioambiente en general. Estos pueden provenir de diversas fuentes, incluyendo actividades humanas como la descarga de residuos industriales, la agricultura, el vertido de aguas residuales no tratadas, el uso de pesticidas y fertilizantes, la minería y la exploración de petróleo y gas. Entre los productos tóxicos más conocidos están los plaguicidas y productos farmacéuticos. También pueden incluir microorganismos patógenos, como bacterias, virus y parásitos, que pueden causar enfermedades si se ingieren o se entran en contacto con ellos. De esta forma, pueden alterar la calidad del agua, afectando su sabor, olor, color y textura, así como su capacidad para sostener la vida acuática (Cusiche & Miranda, 2019).

La extracción de minerales auríferos se refiere a la liberación de sustancias contaminantes en el agua como resultado de la minería del oro. Estas sustancias pueden ser liberadas directa o indirectamente por diversas fuentes asociadas con la extracción del mineral, como el drenaje ácido de minas, la liberación de metales pesados y

productos químicos tóxicos en el agua, y la contaminación de sedimentos y suelos por la actividad minera. Por lo que el drenaje ácido de minas es una forma común de contaminación que se produce cuando el agua se filtra a través de rocas que contienen sulfuros, como la pirita, durante la minería del oro. El agua reacciona con los sulfuros y produce ácido sulfúrico, que a su vez disuelve los metales pesados, como el plomo, el cadmio y el arsénico, y los libera en el agua (Pabón et al. 2020).

2.1.10.3 Contaminación del suelo

La contaminación del suelo se refiere a la presencia de sustancias químicas, materiales y organismos en el suelo que son perjudiciales para la salud humana, la vida vegetal y la vida animal. Estos pueden provenir de diversas fuentes, incluyendo la industria, la agricultura, la minería, la eliminación de residuos, el uso de pesticidas y fertilizantes, y la contaminación atmosférica que se deposita en el suelo. Los elementos contaminantes incluyen metales pesados, productos químicos tóxicos, residuos peligrosos, compuestos orgánicos volátiles. Dichas sustancias pueden ser transportados por el agua y el viento, llegando al suelo y afectando a los ecosistemas naturales y las zonas habitadas por humanos. Una vez que sucede aquello puede tener consecuencias graves para la salud humana y la vida animal, por lo que pueden ser absorbidos por las plantas y los animales, y llegar a la cadena alimentaria. También pueden causar la degradación del suelo, afectando su capacidad para sostener la vida vegetal y reducir su productividad (Toriz et al. 2019). A continuación, se detallan algunas de las formas en que la minería de oro puede contaminar el suelo.

La extracción de oro produce grandes cantidades de desechos y residuos, si estos no se manejan adecuadamente, pueden contaminar el suelo y el agua. Los residuos mineros pueden contener sustancias tóxicas, como metales pesados y sustancias químicas utilizadas para procesar el oro. A esto se suma la liberación de productos químicos tóxicos, como el cianuro y el mercurio, para separar el oro del mineral. Si estos productos químicos se filtran en el suelo, pueden contaminarlo y causar daños a la vida vegetal y animal. Por su parte, el impacto de la actividad minera en sí misma puede causar daños al suelo, dado que, la excavación y el movimiento del suelo pueden alterar la estructura del suelo, lo que a su vez puede afectar su capacidad para sostener la vida vegetal. Además, la construcción de infraestructuras, como caminos y edificios,

puede cambiar el uso de este elemento y afectar a los ecosistemas naturales (Rocha et al. 2018).

2.1.11 Contaminación ambiental generada por la minería

La minería es una de las actividades económicas más importantes en el mundo, pero también es una de las principales causas de la contaminación ambiental. Esto debido a que, los minerales extraídos de la tierra contienen impurezas que una vez liberadas pueden contaminar el aire, el agua y el suelo, lo cual puede tener un impacto negativo en la salud humana y el medioambiente (Boginska et al., 2020). En el primer caso, la exposición a los productos químicos tóxicos liberados durante el proceso de extracción de minerales puede causar problemas respiratorios, cardiovasculares, enfermedades y lesiones como el síndrome del túnel carpiano, la silicosis y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Además, los trabajadores mineros tienden a estar expuestos al ruido, el polvo y las vibraciones (Song & Zhang, 2022).

En el segundo caso, los principales efectos de la contaminación ambiental causada por la minería incluyen el vertimiento de productos tóxicos en el aire y el agua, la erosión de los suelos, el riesgo de derrumbes, el uso intensivo de energía y recursos naturales, la destrucción de la biodiversidad, así como la emisión de dióxido de carbono. Esto puede llevar a un aumento en la temperatura, la destrucción de los recursos naturales, el aumento de la degradación de la tierra y la destrucción de los ecosistemas. Además, la minería a gran escala también puede conducir a una gran cantidad de desechos, como el relave; consecuentemente, si se utilizan técnicas inadecuadas estos desechos pueden contaminar el agua y el suelo, generando graves consecuencias (Chopard et al., 2019).

Para evitar la contaminación ambiental, los gobiernos de todo el mundo deben aprobar y hacer cumplir estrictas regulaciones para la minería. Estas regulaciones deben incluir la eliminación de los productos tóxicos y la reducción de los desechos, así como el uso de técnicas de minería más limpias y eficientes. Además, los gobiernos también deben asegurarse de que los mineros tomen medidas para reducir el impacto ambiental de sus actividades, como la reforestación, el uso de equipos limpios y la rehabilitación de las

áreas afectadas. Esto ayudará a reducir los efectos negativos de la minería y a proteger el medioambiente (Terrones et al., 2021; Torres et al., 2021).

2.1.12 Gestión de residuos peligrosos

La gestión de residuos peligrosos incluye los procedimientos de recolección, transporte y disposición final utilizados para disponer de residuos que han sido clasificados como potencialmente peligrosos para la salud humana y el medioambiente. Por ello, el manejo integrado de residuos sólidos es una medida planificada, que implica la selección de técnicas adecuadas para clasificar y cuantificar los residuos que se producen en los diferentes procesos y adoptar programas de gestión idóneos para lograr las metas establecidas en la gestión de residuos peligrosos (INCINEROX, 2019).

EL desarrollo sostenible es necesario para la introducción de tecnologías y procesos respetuosos con el medioambiente, y no sólo para mejorar la utilización de los recursos, mantener, controlar y reducir un impacto negativo que la empresa pueda tener sobre el medioambiente, y cumpliendo de la normativa ambiental con la que se desempeñen las actividades laborales (Rozo, 2014).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio se caracteriza por ser una investigación de campo, dado que la información será recolectada directamente de la fuente, es decir, se acudirá a la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” con el propósito de identificar los riesgos que derivan de la ejecución de sus operaciones. Otro punto por destacar es la aplicación de un enfoque cualitativo, método no experimental y un tipo de investigación descriptiva.

3.1 Enfoque de la investigación

De acuerdo con Bautista (2022) la investigación cualitativa es un enfoque de investigación social que se enfoca en comprender cómo las personas experimentan, perciben y comprenden el mundo social y los fenómenos que ocurren en él. En tanto que, la investigación cuantitativa recopila y analiza datos numéricos para establecer patrones y relaciones entre variables. En consecuencia, se aplica el enfoque de investigación mixto debido al hecho de que la combinación de ambos elementos permite obtener información que posibilita una comprensión profunda y detallada sobre los riesgos a los cuales se encuentran sujetos los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”.

3.2 Métodos de estudio

En la presente investigación se adoptan dos métodos, el lógico y el empírico; el primero se basa en la lógica y el razonamiento, mientras que el segundo se fundamenta en la observación y la experimentación. Ambos métodos son formas valiosas de adquirir conocimiento y obtener una comprensión completa y precisa de los fenómenos que se investigan.

3.2.1 Métodos lógicos

La investigación no experimental es aquella que permite obtener información sobre un fenómeno problemático sin manipular o controlar las variables independientes. Es un

enfoque descriptivo y no manipulativo que se basa en la observación, la encuesta u otro métodos de recopilación de datos no invasivos (Rebollo & Ábalos, 2022). En consecuencia, el método no experimental se aplica con la finalidad de observar y comprender con mayor detalle un fenómeno problemático, que en el presente caso se centra en los riesgos que derivan de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”, mismos que exponen significativamente el bienestar y la salud de los trabajadores.

3.2.2 Métodos empíricos

Como métodos empíricos se destaca la observación participante, la entrevista y la encuesta; con respecto a la observación, esta implica que el investigador se involucre activamente en el contexto que está siendo estudiado (Fontes et al., 2020), es decir, se comprenden las experiencias y percepciones de los trabajadores a través de una intervención presencial que se realiza dentro de la planta procesadora. Por otro lado, se incluye la entrevista que es una técnica de recopilación de datos en la que el entrevistador se comunica directamente con una o más personas para obtener información sobre sus opiniones, experiencias o actitudes sobre un tema en particular (Camargo, 2021). Para el presente caso, la entrevista analiza desde la perspectiva de una autoridad máxima los riesgos que implican el laborar en la planta procesadora y su percepción sobre una propuesta de mejora. En tanto que, la encuesta es una técnica orientada a recopilar información de un grupo de personas sobre un tema determinado (Rasinger, 2020); en este ámbito, la encuesta se aplica a los colaboradores que laboran en la planta procesadora de minerales auríferos.

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 Investigación descriptiva

La investigación descriptiva tiene como objetivo describir las características y los aspectos de un fenómeno, una población o un grupo de personas (Ramírez & Calles, 2021). Bajo este marco, se adopta este tipo de estudio con el propósito de especificar los riesgos que se generan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” y que están afectando a los trabajadores, en conjunto con la percepción del responsable de los riesgos de la empresa.

3.4 Fuentes técnicas para la recolección de información

Para la recolección de la información se utiliza la observación, la entrevista y la encuesta; en el primer caso, se destaca el uso de la matriz de identificación de peligros y riesgos Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSHT) y la matriz de riesgos que corresponde a la guía técnica colombiana 45 (GTC-45). Por otro lado, para la entrevista semiestructurada se utiliza un cuestionario compuesto por ocho preguntas (Ver anexo A), mientras que, la encuesta estuvo compuesta por ocho preguntas (Ver anexo B).

3.5 Población y muestra

La población del estudio comprende a todos los trabajadores que forman parte de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”, específicamente del área de producción, destacando un total de 38 colaboradores. Por otro lado, para calcular la muestra se utilizó la fórmula de población finita, cuyos parámetros se establecen a continuación.

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

Donde:

N: es la población que son los 38 colaboradores

Z: representa el nivel de confianza que al 95% es de 1.96

p: representa la probabilidad de éxito con el 50%

q: representa la probabilidad de fracaso con el 50%

d: es el error máximo admisible

n: representa la muestra

$$n = \frac{38 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05 * (38 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 35$$

De acuerdo con el resultado obtenido, se identificó una muestra de 35 colaboradores por encuestar. Por otro lado, es fundamental resaltar que la observación se realizará en todos los procesos que conforman el área de producción de la planta procesadora, esto va desde la zona de trituración hasta la disposición de residuos. Adicional, es imprescindible mencionar que la entrevista se dirige al encargado de los riesgos de la empresa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Desarrollo de la recolección de la información

Para la recolección de la información, se priorizó inicialmente una reunión con los directivos de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”, esto con la finalidad de obtener el permiso respectivo para realizar la investigación. Previo a la aplicación de los instrumentos, estos fueron creados considerando los peligros y riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de esta organización conforme los datos procedentes de una revisión literaria y el conocimiento adquirido en el lugar de estudio. Posterior a esto, se llevó a cabo el proceso de observación mediante el uso de las matrices y se desarrolló la entrevista, generando información valiosa y oportuna que contribuye al diseño del plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes de la planta de análisis.

4.2 Resultados de la matriz INSHT

La evaluación general de riesgos mediante el uso de la matriz INSHT se realizó considerando los procesos que se efectúan dentro de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”. Estos se dividen en cuatro categorías que se determinan a continuación:

- Trituración, molienda y concentración gravimétrica: En la etapa de trituración se reduce el tamaño de los minerales a partículas más pequeñas para una mejor separación y procesamiento posterior; en la fase de molienda, se reduce el tamaño de los minerales a un tamaño de partícula mucho más fino que el tamaño de partícula resultante de la etapa de trituración. En el proceso de concentración gravimétrica se separan los minerales de mayor densidad de los de menor densidad, permitiendo que los minerales más densos sean recuperados.
- Flotación, lixiviación y proceso Merrill Crowe: La flotación es un proceso en el cual se usa una mezcla de aire y materiales disueltos (agente químico) para separar los minerales de los sólidos en suspensión. La lixiviación es un proceso

en el cual se usa ácido o una solución alcalina para extraer los minerales de un mineral. Por otro lado, el proceso Merrill Crowe se usa para separar el oro del resto de los minerales, esto mediante una solución de zinc y cianuro para crear una solución que contiene oro.

- Fundición: Los minerales se funden en un horno para obtener los lingotes de oro o plata.
- Disposición de residuos: Esta etapa incluye el tratamiento, el almacenamiento y el transporte de los desechos generados; los residuos son transportados a un sitio de disposición aprobado para su almacenamiento y eliminación.

Posterior a la identificación de los procesos que se llevan a cabo en la planta de producción, la evaluación se ejecutó considerando seis factores de riesgo que fueron: los riesgos físicos, mecánicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales, mismos que fueron valorados en cada proceso.

Tabla 1*Evaluación de riesgos del proceso de trituración, molienda y concentración gravimétrica*

Evaluación de riesgos													
Localización: Planta de procesamiento de minerales auríferos						Evaluación							
Puestos de trabajo: Planta de producción						Inicial <input checked="" type="checkbox"/>			Periódica <input type="checkbox"/>				
Nº de trabajadores: 10 trabajadores						Fecha de evaluación: 20 de febrero 2023							
Proceso: Trituración, molienda y concentración gravimétrica						Fecha de última evaluación:							
Factor de riesgo	#	Peligro identificado	Probabilidad			Consecuencia			Estimación del riesgo				
			B	M	A	LD	D	ED	T	TO	MO	I	IN
Riesgo físicos	1	Exposición a ruidos fuertes	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	2	Exposición a vibraciones.	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	2	Exposición a radiación ultravioleta.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	3	Exposición al calor excesivo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	4	Lesiones por esfuerzo repetitivo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Riesgos mecánicos	5	Choques ocasionados por maquinaria y equipos.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	6	Lesiones ocasionadas por maquinaria y equipos.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	7	Caída de personas al mismo nivel	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	8	Superficies irregulares	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	9	Manejo de productos inflamables	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	Proyección de partículas	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	11	Accidentes en las máquinas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	12	Golpes o cortes por máquinas y equipos	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Riesgos químicos	13	Exposición a materiales tóxicos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	Exposición a sustancias químicas corrosivas.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	15	Exposición a productos químicos inflamables o explosivos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16	Exposición a polvo orgánico	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	17	Exposición a polvo inorgánico (mineral o metálico)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	18	Manipulación de químicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	Exposición a desechos contaminantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Riesgos biológicos	20	Exposición a virus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	21	Exposición a bacterias (microorganismos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	22	Enfermedades transmitidas por vectores	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	23	Enfermedades respiratorias	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos ergonómicos	24	Movimiento corporal repetitivo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	25	Sobreesfuerzo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	26	Manipulación de cargas	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	27	Lesiones musculoesqueléticas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	28	Mala calidad del aire	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos psicosociales	29	Alta responsabilidad	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	30	Trabajo monótono	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	31	Sobrecarga laboral.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	32	Estrés laboral	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1

Nota. **1. Probabilidad:** B = Baja; M = Media; A = Alta. **2. Consecuencia:** LD = Ligeramente dañino; D = Dañino; ED = Extremadamente dañino. **3. Estimación del riesgo:** T = Trivial; T = Tolerable; M = Moderado; I = Importante; I = Intolerable

Tabla 2*Evaluación de riesgos del proceso de flotación, lixiviación y proceso Merrill Crowe*

Evaluación de riesgos													
Localización: Planta de procesamiento de minerales auríferos						Evaluación							
Puestos de trabajo: Planta de producción						Inicial <u>X</u>			Periódica ____				
Nº de trabajadores: 12 trabajadores						Fecha de evaluación: 20 de febrero 2023							
Proceso: Flotación, lixiviación y proceso Merrill Crowe						Fecha de última evaluación:							
Factor de riesgo	#	Peligro identificado	Probabilidad			Consecuencia			Estimación del riesgo				
			B	M	A	LD	D	ED	T	TO	MO	I	IN
Riesgos físicos	1	Exposición a ruidos fuertes	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	2	Exposición a vibraciones.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	2	Exposición a radiación ultravioleta.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	3	Exposición al calor excesivo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	4	Lesiones por esfuerzo repetitivo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Riesgos mecánicos	5	Choques ocasionados por maquinaria y equipos.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	6	Lesiones ocasionadas por maquinaria y equipos.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	7	Caída de personas al mismo nivel	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	8	Superficies irregulares	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	9	Manejo de productos inflamables	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	10	Proyección de partículas	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	11	Accidentes en las máquinas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	12	Golpes o cortes por máquinas y equipos	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Riesgos químicos	13	Exposición a materiales tóxicos.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	14	Exposición a sustancias químicas corrosivas.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	15	Exposición a productos químicos inflamables o explosivos.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	16	Exposición a polvo orgánico	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	17	Exposición a polvo inorgánico (mineral o metálico)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	18	Manipulación de químicos	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	19	Exposición a desechos contaminantes	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos biológicos	20	Exposición a virus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	Exposición a bacterias (microorganismos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	Enfermedades transmitidas por vectores	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	23	Enfermedades respiratorias	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos ergonómicos	24	Movimiento corporal repetitivo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	25	Sobreesfuerzo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	26	Manipulación de cargas	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	27	Lesiones musculoesqueléticas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	28	Mala calidad del aire	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos psicosociales	29	Alta responsabilidad	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	30	Trabajo monótono	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	31	Sobrecarga laboral.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	32	Estrés laboral	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0

Nota. **1. Probabilidad:** B = Baja; M = Media; A = Alta. **2. Consecuencia:** LD = Ligeramente dañino; D = Dañino; ED = Extremadamente dañino. **3. Estimación del riesgo:** T = Trivial; T = Tolerable; M = Moderado; I = Importante; I = Intolerable

Tabla 3*Evaluación de riesgos del proceso de fundición*

Evaluación de riesgos													
Localización: Planta de procesamiento de minerales auríferos						Evaluación							
Puestos de trabajo: Planta de producción						Inicial <input checked="" type="checkbox"/>			Periódica <input type="checkbox"/>				
Nº de trabajadores: 6 trabajadores						Fecha de evaluación: 20 de febrero 2023							
Proceso: Fundición						Fecha de última evaluación:							
Factor de riesgo	#	Peligro identificado	Probabilidad			Consecuencia			Estimación del riesgo				
			B	M	A	LD	D	ED	T	TO	MO	I	IN
Riesgos físicos	1	Exposición a ruidos fuertes	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	2	Exposición a vibraciones.	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	2	Exposición a radiación ultravioleta.	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	3	Exposición al calor excesivo	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	4	Lesiones por esfuerzo repetitivo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Riesgos mecánicos	5	Choques ocasionados por maquinaria y equipos.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	6	Lesiones ocasionadas por maquinaria y equipos.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	7	Caída de personas al mismo nivel	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	8	Superficies irregulares	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	9	Manejo de productos inflamables	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	10	Proyección de partículas	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	11	Accidentes en las máquinas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	12	Golpes o cortes por máquinas y equipos	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Riesgos químicos	13	Exposición a materiales tóxicos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	Exposición a sustancias químicas corrosivas.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	Exposición a productos químicos inflamables o explosivos.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	16	Exposición a polvo orgánico	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	17	Exposición a polvo inorgánico (mineral o metálico)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	18	Manipulación de químicos	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	19	Exposición a desechos contaminantes	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Riesgos biológicos	20	Exposición a virus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	Exposición a bacterias (microorganismos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	Enfermedades transmitidas por vectores	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	23	Enfermedades respiratorias	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos ergonómicos	24	Movimiento corporal repetitivo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	25	Sobreesfuerzo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	26	Manipulación de cargas	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	27	Lesiones musculoesqueléticas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	28	Mala calidad del aire	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos psicosociales	29	Alta responsabilidad	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	30	Trabajo monótono	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	31	Sobrecarga laboral.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	32	Estrés laboral	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0

Nota. **1. Probabilidad:** B = Baja; M = Media; A = Alta. **2. Consecuencia:** LD = Ligeramente dañino; D = Dañino; ED = Extremadamente dañino. **3. Estimación del riesgo:** T = Trivial; T = Tolerable; M = Moderado; I = Importante; I = Intolerable

Tabla 4*Evaluación de riesgos del proceso de disposición de residuos*

Evaluación de riesgos													
Localización: Planta de procesamiento de minerales auríferos					Evaluación								
Puestos de trabajo: Planta de producción					Inicial <input checked="" type="checkbox"/>				Periódica <input type="checkbox"/>				
Nº de trabajadores: 10 trabajadores					Fecha de evaluación: 20 de febrero 2023								
Proceso: Disposición de residuos					Fecha de última evaluación:								
Factor de riesgo	#	Peligro identificado	Probabilidad			Consecuencia			Estimación del riesgo				
			B	M	A	LD	D	ED	T	TO	MO	I	IN
Riesgo físicos	1	Exposición a ruidos fuertes	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	2	Exposición a vibraciones.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	2	Exposición a radiación ultravioleta.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	3	Exposición al calor excesivo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	4	Lesiones por esfuerzo repetitivo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Riesgos mecánicos	5	Choques ocasionados por maquinaria y equipos.	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	6	Lesiones ocasionadas por maquinaria y equipos.	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	7	Caída de personas al mismo nivel	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	8	Superficies irregulares	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	9	Manejo de productos inflamables	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	Proyección de partículas	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	11	Accidentes en las máquinas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	12	Golpes o cortes por máquinas y equipos	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Riesgos químicos	13	Exposición a materiales tóxicos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	Exposición a sustancias químicas corrosivas.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	15	Exposición a productos químicos inflamables o explosivos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16	Exposición a polvo orgánico	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	17	Exposición a polvo inorgánico (mineral o metálico)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	18	Manipulación de químicos	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	19	Exposición a desechos contaminantes	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos biológicos	20	Exposición a virus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	21	Exposición a bacterias (microorganismos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	22	Enfermedades transmitidas por vectores	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	23	Enfermedades respiratorias	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos ergonómicos	24	Movimiento corporal repetitivo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	25	Sobreesfuerzo	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	26	Manipulación de cargas	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	27	Lesiones musculoesqueléticas	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	28	Mala calidad del aire	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Riesgos psicosociales	29	Alta responsabilidad	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	30	Trabajo monótono	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	31	Sobrecarga laboral.	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	32	Estrés laboral	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0

Nota. **1. Probabilidad:** B = Baja; M = Media; A = Alta. **2. Consecuencia:** LD = Ligeramente dañino; D = Dañino; ED = Extremadamente dañino. **3. Estimación del riesgo:** T = Trivial; T = Tolerable; M = Moderado; I = Importante; I = Intolerable

Conforme los riesgos y peligros identificados, se determina que los trabajadores que laboran en el proceso de trituración, molienda y concentración gravimétrica sustentan un riesgo intolerable a la proyección de partículas, a la exposición a polvo orgánico e inorgánico (mineral o metálico), enfermedades respiratorias, a una mala calidad del aire y al estrés laboral. A excepción del penúltimo riesgo, estos peligros en conjunto con el manejo de productos inflamables, la exposición a materiales tóxicos, sustancias químicas corrosivas, manipulación de químicos y la exposición a desechos contaminantes mantienen una estimación intolerables para los trabajadores del proceso de flotación, lixiviación y proceso Merrill Crowe. Esto considerando que son los encargados de utilizar los agentes químicos necesarios para separar y extraer los minerales.

Por otro lado, los trabajadores que realizan el proceso de fundición se encuentran intrínsecamente expuestos al manejo de productos inflamables, partículas, polvo orgánico e inorgánico, enfermedades respiratorias y a una mala calidad del aire. En tanto que, los colaboradores encargados de la disposición de los residuos mantienen un riesgo intolerable a la exposición de desechos contaminantes que derivan de la planta de procesamiento. En definitiva, se reconoce que los colaboradores de la planta procesadora de minerales auríferos están expuestos a una variedad de riesgos para la salud, por lo tanto, es importante que estas personas sean conscientes de estos riesgos y que se tomen las medidas necesarias para prevenir lesiones y enfermedades.

4.3 Resultados de la matriz GTC-45

Tabla 5

Resultados de la matriz GTC-45

MATRIZ DE RIESGOS. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y VALORACIÓN DE LOS RIESGOS																												
Empresa: Planta de procesamiento de minerales auríferos																												
Proceso / División / Departamento: Todos los procesos que se realizan en la planta de producción																												
Fecha de realización: 25 de febrero 2023																												
Identificación						Peligro			Efectos posibles (corto y largo plazo)	Controles existentes			Evaluación del riesgo				Valoración riesgo	Criterio para establecer consecuencias		Medidas de intervención								
N°	Proceso	Zona / lugar	Actividad	Tarea	Cargo	Rutina (SI/No)	Descripción	Categoría		Clasificación	Fuente	Medio	Individual	Nivel de deficiencia (ND)	Nivel de exposición (NE)	Nivel de probabilidad (NP)	Interpretación nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia (NC)	Nivel de riesgo (NR=NPXNC) e Interpretación del NR	Acceptabilidad del riesgo	N° expuestos	Peor consecuencia	Requisito legal específico asociado	Eliminación	Sustitución	Controles de ingeniería	Controles administrativos, señalización y advertencia - planes de mantenimiento e inspección	Equipos / elementos de protección personal
1	Trituración, molienda y concentración gravimétrica	Planta de producción	Trituración y molienda del material con la aplicación de la concentración gravimétrica	Enviar el material a las máquinas correspondientes	Operario	SI	Exposición a ruidos fuertes	Físico	R34 - Ruido	Pérdida parcial de audición	Ninguno	Uso obligatorio de los equipos de protección para los oídos. Tapon para los oídos, protectores auditivos y auriculares.	6	3	18	Alto	250	450	111	No aceptable o aceptable con controles	10	Pérdida auditiva permanente	SI	-	-	Cerramientos acústicos	Inspecciones, exámenes médicos	Dotar a los trabajadores de tapon para los oídos, protectores auditivos y auricul

		de los productos de molienda																																				
2				Operario	SI	Exposición a vibraciones	Físico	R35 - Vibraciones	Dolor de cabeza	Ninguno	Ninguno	Ninguno	2	3	6	Medio	10	60	III	Aceptable	10	Malestares continuos	NO	-	-	Cerramientos acústicos	Inspecciones, exámenes médicos	Guantes y calzado antivibración, protectores auriculares										
3				Operario	SI	Proyección de partículas	Químico	R104 - Material particulado	Irritaciones del ojo por material particulado	Ninguno	Uso obligatorio de los equipos de protección para los ojos	Gafas	6	3	18	Alto	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con controles	10	Pérdida parcial de la visión	SI	-	-	Equipos de filtración de aire	Inspección de los equipos, exámenes médicos	Dotar a los trabajadores de gafas de seguridad y protectores faciales										
4				Operario	SI	Exposición a polvo orgánico e inorgánico	Químico	R101 - Polvos (orgánicos o inorgánicos)	Irritaciones del ojo, enfermedades respiratorias	Ninguno	Uso obligatorio de mascarillas	Mascarillas quirúrgicas	2	4	8	Medio	25	200	II	No Aceptable o Aceptable con controles	10	Asma, fibrosis pulmonar	SI	-	-	Equipos de filtración de aire	Inspecciones, exámenes médicos	Dotar a los trabajadores con respiradores con filtro										

5					Operario	SI	Trabajo monótono	Psicosocial	R75 - Condición de la tarea	Malestares, ansiedad	Ninguno	Ninguno	Ninguno	2	3	6	Medio	25	150	II	No Aceptable o Aceptable con controles	38	Estrés laboral	NO	-	-	-	Pausas activas, fomentar el autocuidado	Dotar a los trabajadores un espacio para el desarrollo de pausas activas
6	Flotación, lixiviación y proceso Merrill Crowe	Planta de producción	Adición de agentes químicos, materiales tóxicos y recuperación de los minerales	Agregar los compuestos para la extracción de los minerales y su recuperación	Operario	SI	Manipulación de químicos y exposición a sustancias tóxicas	Químico	R99 - Contacto con sustancias peligrosas	Irritación en la piel, dolor de cabeza y mareos	Ninguno	Equipos de protección	Uso de guantes	6	3	18	Alto	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con controles	12	Dermatitis, enfermedades agudas o crónicas	NO	-	-	Ajuste del puesto de trabajo	Reducción del tiempo de exposición	Dotar a los trabajadores de equipos de protección personal

7	Fundición	Planta de producción	Fundición de los minerales	Fundir los minerales en un horno basculante (de gas)	Operario	SI	Exposición al calor excesivo	Físico	R31 - Exposición a temperaturas extremas (estrés térmico)	Quemaduras de primer grado	Ninguno	Equipos de contención de incendios	Uso de extintores de incendios	6	3	18	Alto	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con controles	6	Quemaduras de segundo y tercer grado	SI	-	-	Ajuste de las condiciones de trabajo	Sistemas de alarma y sistemas de rociadores automáticos	Dotar a los trabajadores de equipos de protección personal, como ropa ignífuga y guantes para protegerse de lesiones graves en caso de que se produzca un incendio o una quemadura
					Operario	SI	Explosión, fuga, derrame, incendio por combustibles y aceites	Tecnológico_ FísicoQuímico	R105 - Explosiones	Quemaduras, intoxicación, traumas, heridas	Ninguno	Trampas de combustibles y aceites	Ninguno	6	3	18	Alto	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con controles	6	Quemaduras de segundo y tercer grado	SI	-	-	Inspecciones de seguridad a ductos, tanques y mangueras, mantenimiento	Capacitación y seguimiento sobre procedimientos seguros	Dotar a los trabajadores de equipos de protección personal adecuado

Según los resultados de la matriz GTC-45, se destaca que de los 10 peligros establecidos a nivel general de todos los procesos, ocho presentaron un nivel de rango II que significa un riesgo no aceptable o aceptable con controles, uno tuvo un nivel III que indica que es aceptable y otro sostuvo un nivel I siendo no aceptable. Este último se vincula con el peligro de la exposición a desechos contaminantes, el cual puede generar enfermedades e irritaciones en la piel, llegando en el peor de los casos a la tenencia de problemas respiratorios, enfermedades renales, crónicas o problemas neurológicos. Consecuentemente, como medida de intervención se enfatiza la disposición de un sistema de mando seguro a través del establecimiento de un plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes, el cual será socializado con los trabajadores a través de capacitaciones, guías personalizadas y afiches informativos.

4.4 Análisis de los resultados de la entrevista

1. Bajo su percepción ¿Cuáles son los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

De acuerdo con el entrevistado, los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos "Hermanos Franco" se encuentran expuestos a los riesgos de salud y seguridad física que incluyen la exposición a contaminantes químicos, partículas y polvos, ruido excesivo, radiación, vibraciones mecánicas, movimientos repetitivos, lesiones por caídas, golpes, quemaduras o cortes. Asimismo, destacó los riesgos de exposición a gases y vapores tóxicos como el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, el óxido de nitrógeno y el óxido de azufre; los riesgos de exposición a agentes biológicos como bacterias, virus y hongos; y, riesgos de exposición a la inflamabilidad de los materiales tales como los aceites combustibles y los gases inflamables.

2. ¿Considera que tales riesgos pueden afectar la salud y el bienestar de los trabajadores?

El entrevistado indicó que los riesgos mencionados pueden afectar seriamente la salud y el bienestar de los trabajadores, ya sea a corto o a largo plazo. En este ámbito,

mencionó que la exposición a contaminantes químicos, ruido excesivo y radiación, pueden tener efectos negativos a corto plazo, como dolores de cabeza, mareos, irritación de los ojos y la piel, fatiga, entre otros. En tanto que, los efectos a largo plazo pueden implicar enfermedades respiratorias y problemas de salud mental. Por lo tanto, es importante que los trabajadores sean conscientes de los riesgos que conlleva su trabajo y que tomen las medidas apropiadas para minimizar dichos riesgos.

3. Actualmente ¿Identifican los peligros y valoran los riesgos en seguridad y salud de los trabajadores que trabajan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

Según el entrevistado, en la actualidad no se mantiene identificado concretamente los riesgos a los cuales se encuentran sujetos los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”, es decir, no se han contemplado o valorado de forma específica los peligros derivados del trabajo que se realiza en la planta.

4. ¿Cuáles son los desechos contaminantes que genera la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

Los desechos contaminantes generados por la planta procesadora de minerales auríferos "Hermanos Franco" incluyen los residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados durante el procesamiento y la manipulación de los minerales. Estos desechos integran los subproductos de la minería, como los lodos, ceniza y los relaves, así como los productos químicos usados en el procesamiento, como los ácidos, los solventes y los líquidos de enfriamiento. Otros desechos contaminantes pueden incluir los residuos de aceite y grasa, los residuos de combustibles, el polvo de roca, el agua contaminada y productos químicos como el cianuro.

5. En la actualidad ¿Cómo se han manejado los desechos contaminantes que la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

En la actualidad, existen protocolos para la manipulación de los desechos contaminantes, estos implican minimizar la generación de los desechos, clasificarlos y generar su disposición final conforme lo dictamina el reglamento ambiental. No

obstante, se enfatiza las carencias sobre el registro y la documentación necesaria que permita orientar al trabajador acerca del manejo de estos desechos.

6. ¿Qué efectos han generado estos desechos contaminantes en la salud de los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

Según el conocimiento del entrevistado, la exposición a los desechos contaminantes ha provocado en los trabajadores síntomas como dolores de cabeza, mareos, fatiga, irritación de los ojos y de la piel, así como enfermedades respiratorias y trastornos hormonales.

7. ¿Considera adecuado que se realice un plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

El entrevistado expresó que es necesario realizar un plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora, debido que, la seguridad en el manejo de residuos tóxicos es una preocupación importante para la salud humana y el medio ambiente. Por ende, un plan de gestión de seguridad apropiado puede ayudar a garantizar que todas las actividades relacionadas con el manejo de desechos se lleven a cabo de manera segura y eficiente.

8. ¿Qué beneficios considera usted que podría generar el plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

Para el entrevistado, este plan garantizaría que los trabajadores y el medio ambiente estén protegidos de los peligros potenciales relacionados con los desechos, esto incluye el riesgo de enfermedades relacionadas con la exposición a desechos tóxicos. El plan también puede ayudar a reducir los costos de eliminación de desechos, al garantizar que sean eliminados de manera eficiente y segura. Por último, el plan contribuiría en la preservación del medio ambiente al asegurar que los desechos no sean liberados al aire, el suelo o el agua.

4.5 Análisis de los resultados de la encuesta

1. ¿Cuáles son los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.

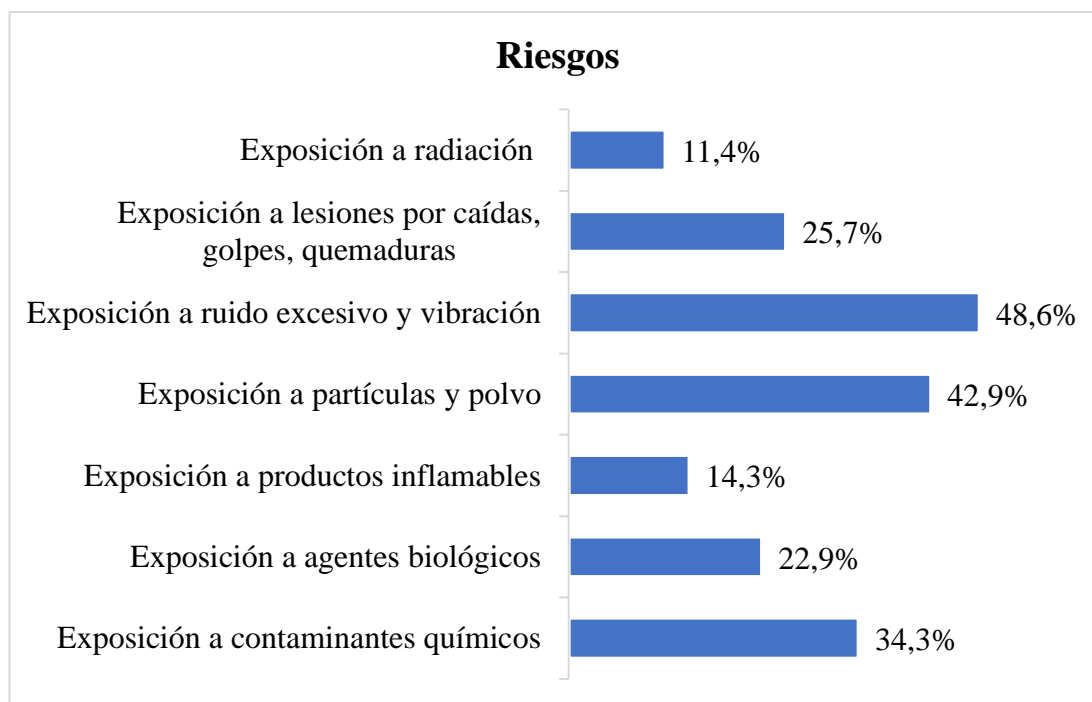
Tabla 6

Riesgos

Descripción	Frecuencia	%
Exposición a contaminantes químicos	12	34,3%
Exposición a agentes biológicos	8	22,9%
Exposición a productos inflamables	5	14,3%
Exposición a partículas y polvo	15	42,9%
Exposición a ruido excesivo y vibración	17	48,6%
Exposición a lesiones por caídas, golpes, quemaduras	9	25,7%
Exposición a radiación	4	11,4%
Total	70	200,0%

Figura 1

Riesgos



Según los resultados obtenidos, los trabajadores de la planta procesadora se encuentran significativamente expuestos al ruido excesivo y vibración (48,6%), a las partículas y polvo (42,9%) y a los contaminantes químicos (34,3%). Estos riesgos se presentan continuamente debido a la naturaleza del trabajo que se realiza en la organización, por ende, se determina que para prevenirlos es fundamental adoptar medidas de seguridad.

2. ¿Considera que tales riesgos pueden afectar la salud y el bienestar de los trabajadores?

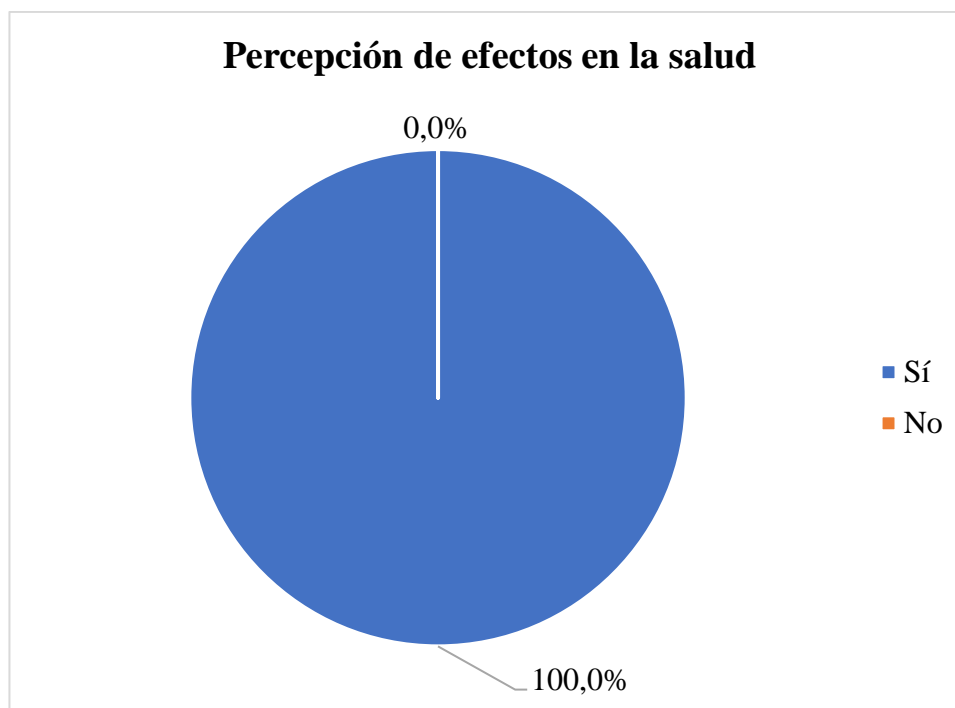
Tabla 7

Percepción de efectos en la salud

Descripción	Frecuencia	%
Sí	35	100,0%
No	0	0,0%
Total	35	100,0%

Figura 2

Percepción de efectos en la salud



De acuerdo con la premisa establecida, el 100% de los encuestados indicaron que los riesgos mencionados previamente tienden a afectar la salud y bienestar de los

trabajadores, por lo que es importante contemplar medidas de seguridad que eviten cualquier efecto negativo en la integridad del colaborador.

3. Actualmente ¿Identifican los peligros y valoran los riesgos en seguridad y salud de los trabajadores que trabajan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

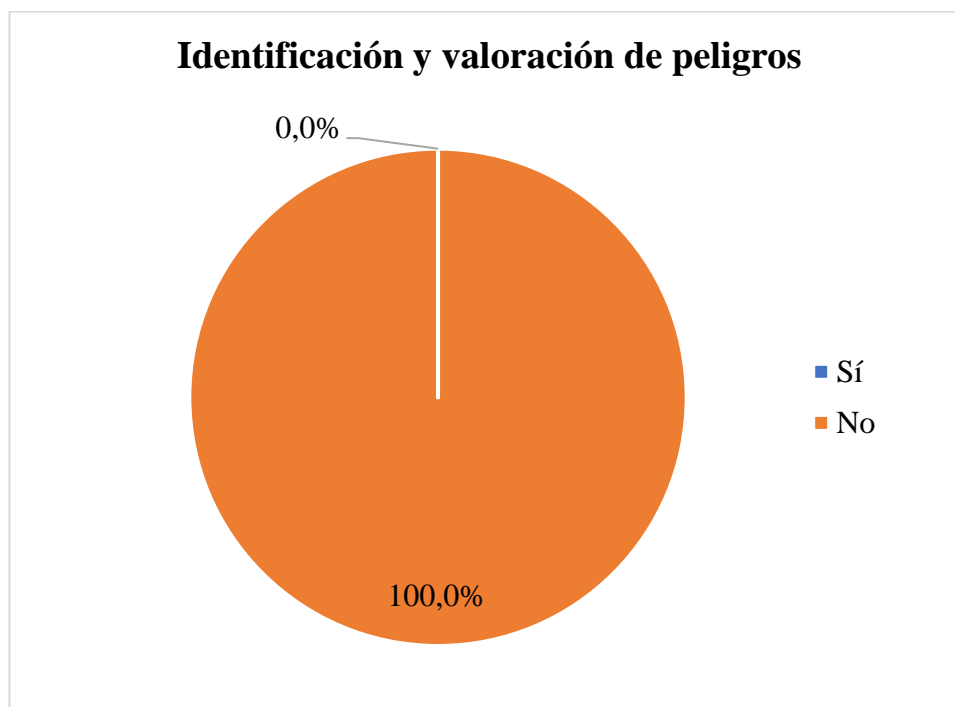
Tabla 8

Identificación y valoración de peligros

Descripción	Frecuencia	%
Sí	0	0,0%
No	35	100,0%
Total	35	100,0%

Figura 3

Identificación y valoración de peligros



Bajo la interrogante establecida, se observó que actualmente no se identifican los peligros ni se valoran los riesgos en seguridad y salud de los trabajadores que trabajan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”: Esto constituye

una debilidad para la empresa dado que, al no reconocer los peligros a los cuales se exponen los colaboradores, no existe la oportunidad de establecer acciones de mejora.

4. ¿Cuáles son los desechos contaminantes que genera la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.

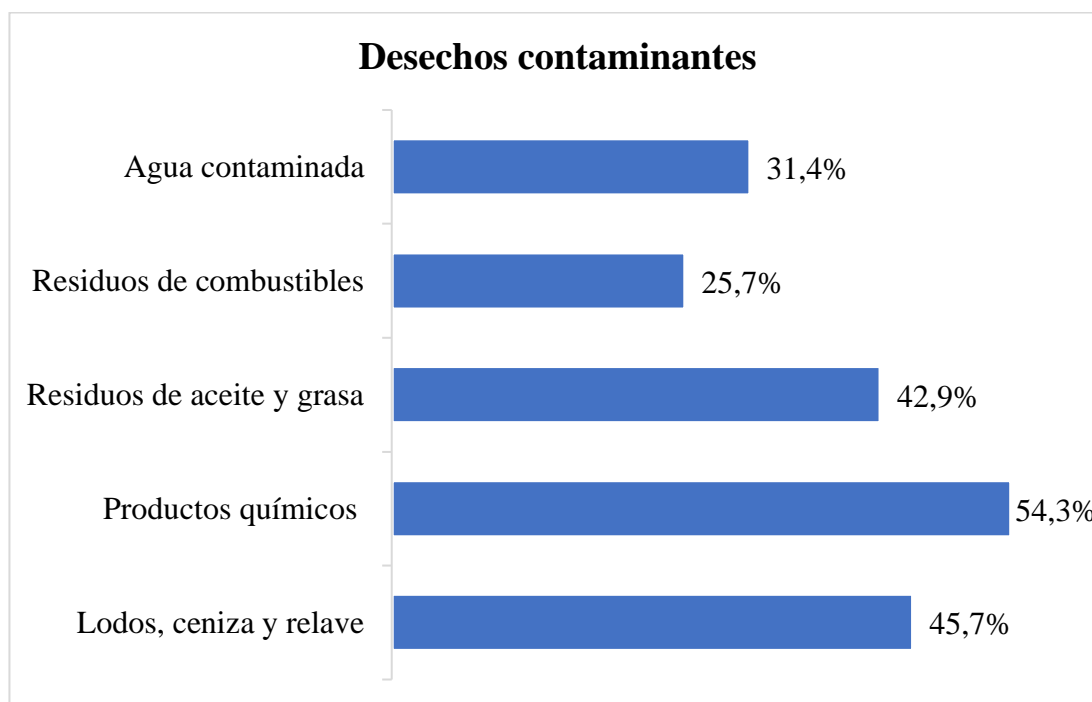
Tabla 9

Desechos contaminantes

Descripción	Frecuencia	%
Lodos, ceniza y relave	16	45,7%
Productos químicos	19	54,3%
Residuos de aceite y grasa	15	42,9%
Residuos de combustibles	9	25,7%
Agua contaminada	11	31,4%
Total	70	200,0%

Figura 4

Desechos contaminantes



De acuerdo con los encuestados, la mayoría indicó que la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” genera desechos relacionados con los

productos químicos (54,3%), lodos, ceniza y relave (45,7%) y residuos de aceite y grasa (42,9%), los cuales tienden a producir un impacto negativo en el medio ambiente.

5. ¿Cree usted que se han manejado los desechos contaminantes que la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” de forma correcta?

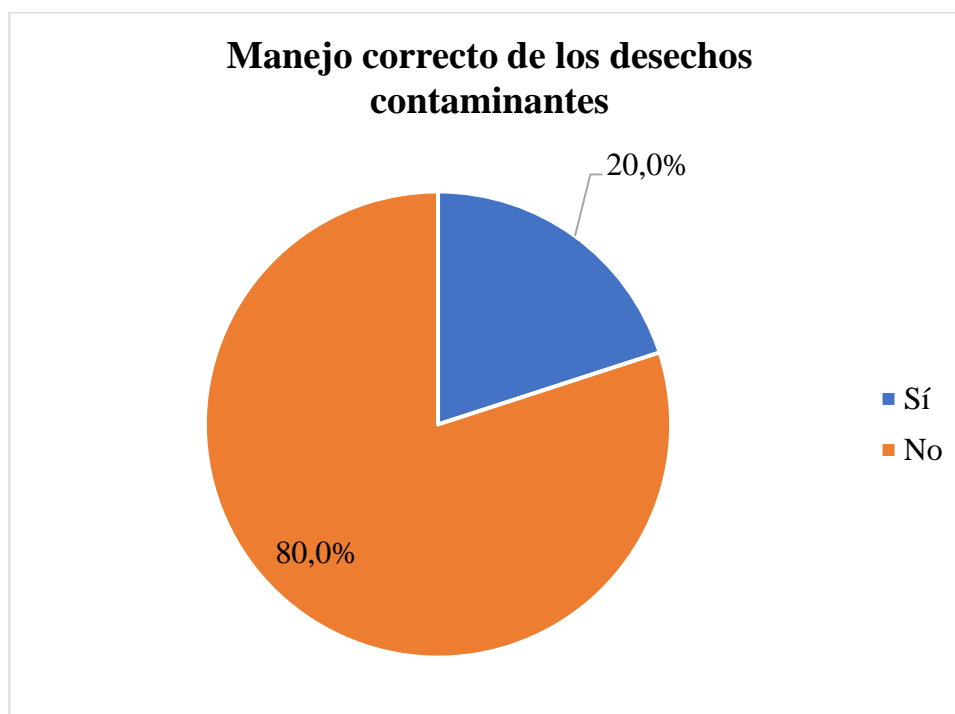
Tabla 10

Manejo correcto de los desechos contaminantes

Descripción	Frecuencia	%
Sí	7	20,0%
No	28	80,0%
Total	35	100,0%

Figura 5

Manejo correcto de los desechos contaminantes



Con respecto a la premisa establecida, el 80% de los trabajadores consideraron que no se han manejado los desechos contaminantes que la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” de forma correcta, por el contrario, el 20% otorgó una respuesta afirmativa, destacando la existencia de protocolos. Sin embargo, para la

mayoría de los encuestados es necesario disponer de otra herramienta que garantice un manejo eficiente, adecuado y oportuno de estos desechos.

6. ¿Qué efectos han generado estos desechos contaminantes en la salud de los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.

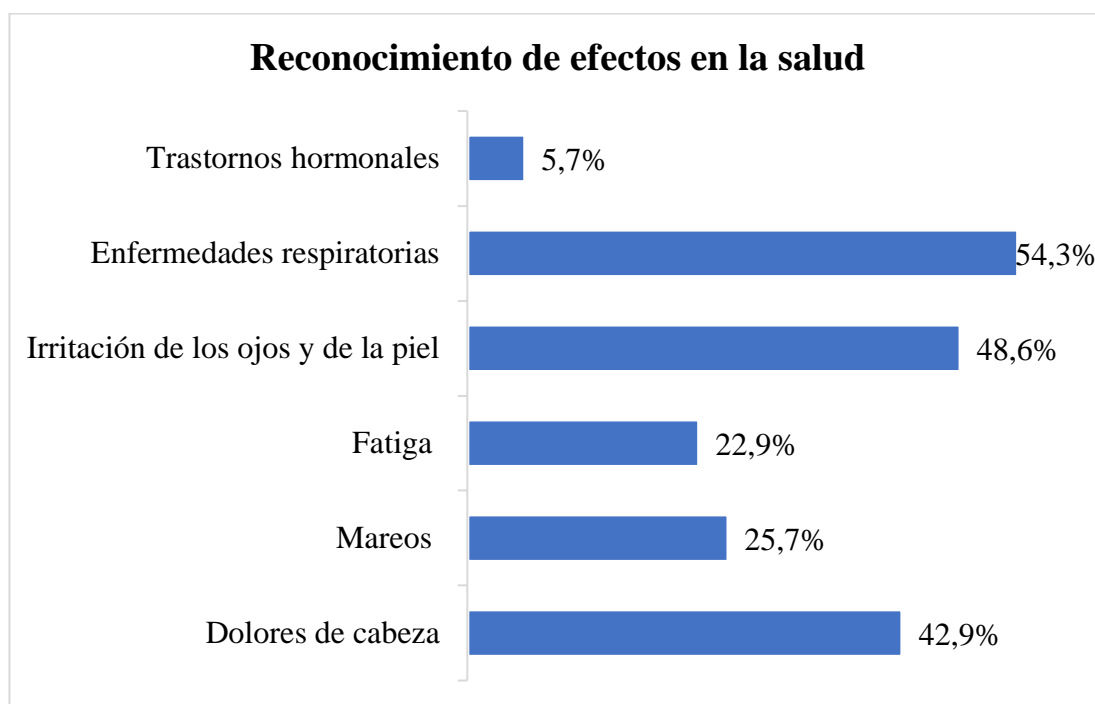
Tabla 11

Reconocimiento de efectos en la salud

Descripción	Frecuencia	%
Dolores de cabeza	15	42,9%
Mareos	9	25,7%
Fatiga	8	22,9%
Irritación de los ojos y de la piel	17	48,6%
Enfermedades respiratorias	19	54,3%
Trastornos hormonales	2	5,7%
Total	70	200,0%

Figura 6

Reconocimiento de efectos en la salud



Dentro de los efectos principales que han generado los desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” en la salud de los trabajadores se encuentran las enfermedades respiratorias (54,3%), la irritación de los ojos y de la piel (48,6%) y los dolores de cabeza (42,9%). Por ende, es fundamental contemplar medidas que minimicen estos efectos negativos.

7. ¿Considera adecuado que se realice un plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

Tabla 12

Percepción del plan de gestión de seguridad

Descripción	Frecuencia	%
Sí	35	100,0%
No	0	0,0%
Total	35	100,0%

Figura 7

Percepción del plan de gestión de seguridad



De acuerdo con el 100% de los encuestados, se identificó que es adecuado que se realice un plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”, el cual tendrá como finalidad garantizar la seguridad de los trabajadores de la organización.

8. ¿Qué beneficio considera usted que podría generar el plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccionar la opción más importante

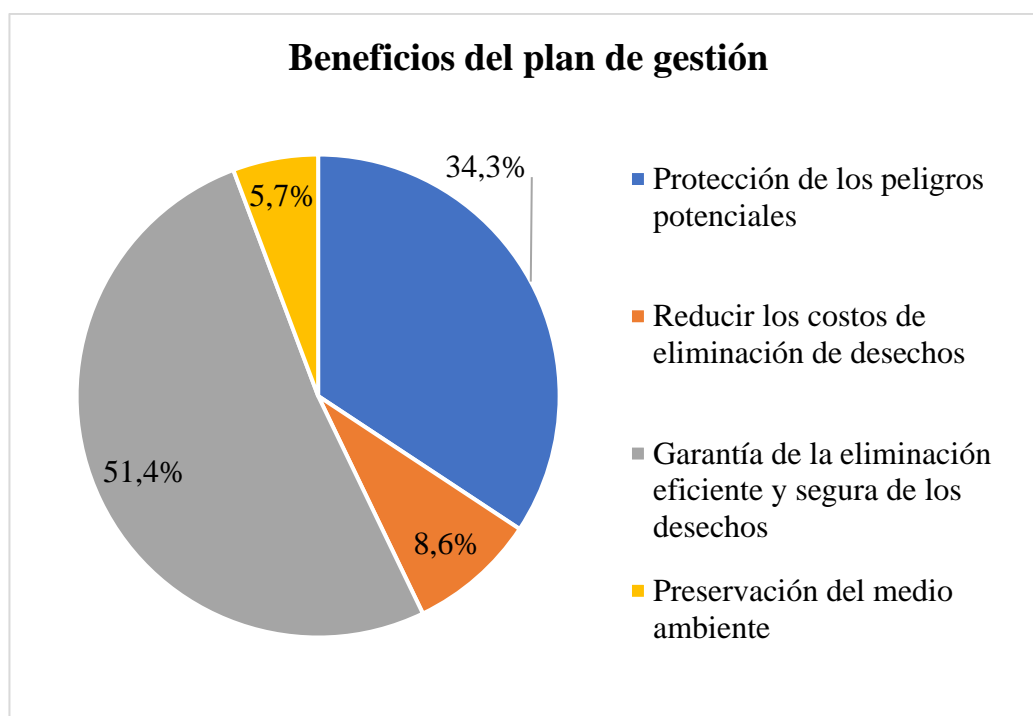
Tabla 13

Beneficios del plan de gestión

Descripción	Frecuencia	%
Protección de los peligros potenciales	12	34,3%
Reducir los costos de eliminación de desechos	3	8,6%
Garantía de la eliminación eficiente y segura de los desechos	18	51,4%
Preservación del medio ambiente	2	5,7%
Total	35	100,0%

Figura 8

Beneficios del plan de gestión



Como beneficios principales de plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”, la mayoría de los encuestados enfatizó la garantía de la eliminación eficiente y segura de los desechos (51,4%) y la protección de los peligros potenciales (34,3%). En definitiva, el plan de gestión constituye una herramienta imprescindible para resguardar la integridad de los colaboradores de la empresa.

4.6 Propuesta del plan de gestión de seguridad

Conforme los resultados obtenidos a través de la evaluación de riesgos mediante el uso de la matriz INSHT, matriz GTC-45 y la entrevista, a continuación se da paso al desarrollo de la propuesta.

4.6.1 Objetivo del plan de gestión de seguridad

Garantizar la seguridad de los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” mediante directrices que conducen al buen manejo de los desechos contaminantes.

4.6.2 Alcance del plan de gestión de seguridad

El plan de gestión de seguridad es aplicable a todos los procesos que se desarrollan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”, los cuales van desde la etapa de trituración hasta la disposición de residuos, puesto que, en todas estas fases se obtienen desechos producto de la separación y extracción de los minerales.

4.6.3 Responsables del plan de gestión de seguridad

Como responsables de ejecutar el plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes, se determinan los siguientes elementos.

- Encargado de los riesgos de la empresa
- Jefes de cada proceso
- Directivos de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”

4.6.4.2. Establecimiento de procedimientos específicos para el almacenamiento, el transporte y la eliminación segura de los desechos contaminantes

Almacenamiento seguro de los desechos contaminantes: Una vez identificados los desechos contaminantes, se deben establecer medidas para su almacenamiento seguro. En este caso, se deben utilizar recipientes y contenedores adecuados y etiquetados correctamente para identificar el tipo de residuo que contienen, utilizando los mismos criterios de la matriz de registro. Además, se deben separar los residuos peligrosos de los no peligrosos para evitar la contaminación cruzada. Los recipientes deben estar bien cerrados y almacenados en un área protegida de la lluvia, el sol y otros elementos que puedan afectar la integridad del recipiente o su contenido.

Transporte seguro de los desechos contaminantes: Los desechos contaminantes deben ser transportados de manera segura para evitar riesgos para la salud humana y el medio ambiente. En este caso, se deben utilizar vehículos adecuados y conductores capacitados en la manipulación y transporte de desechos peligrosos. Además, se deben utilizar medidas de seguridad, como la colocación de señales de advertencia en los vehículos, para alertar a otros conductores de la presencia de desechos contaminantes.

Eliminación segura de los desechos contaminantes: Se deben establecer procedimientos para la eliminación segura de los desechos contaminantes, que incluyen la selección de un lugar de eliminación autorizado y la conformidad con las regulaciones ambientales y de seguridad. Además, se deben tomar medidas para asegurar que los desechos contaminantes no se liberen accidentalmente en el proceso de eliminación. Esto puede incluir la utilización de sistemas de contención para evitar derrames y la supervisión de la eliminación para garantizar que se sigan todos los procedimientos de seguridad y de protección ambiental. Asimismo, es fundamental considerar las directrices establecidas en la Ley de Minería, la cual se encarga de regular, controlar y administrar la gestión del sector minero.

4.6.4.3. Medidas de seguridad para proteger a los empleados de los riesgos de exposición a los desechos

Estas medidas incluyen el uso de equipos de protección personal adecuados, la aplicación de procedimientos de seguridad al manipular los desechos y la realización de pruebas periódicas para detectar cualquier riesgo potencial.

Equipos de protección personal (EPP) adecuados: Es importante que los trabajadores que se encuentran en contacto con los desechos contaminantes que genera la planta procesadora de minerales auríferos utilicen EPP adecuados para prevenir lesiones o enfermedades relacionadas con la exposición a sustancias tóxicas. Algunos EPP que se pueden requerir para proteger a los trabajadores son los siguientes:

- **Guantes:** Los guantes de nitrilo o neopreno son adecuados para proteger las manos de la exposición a productos químicos y otros desechos contaminantes. Los guantes deben ser resistentes a los productos químicos y reemplazarse regularmente si se dañan o se desgastan.
- **Gafas de seguridad:** Las gafas de seguridad protegen los ojos de los trabajadores de sustancias químicas y partículas que pueden provocar lesiones oculares. Deben estar hechas de un material resistente a los impactos y tener ventilación adecuada para evitar que se empañen.
- **Máscaras o respiradores:** Se pueden requerir máscaras o respiradores para proteger a los trabajadores de la inhalación de polvo, gases o vapores tóxicos. El tipo de máscara o respirador dependerá del tipo de sustancia química a la que se expongan los trabajadores. Es importante asegurarse de que se ajusten correctamente y se utilicen en función de las instrucciones del fabricante.
- **Ropa de protección:** Los trabajadores que manipulan desechos contaminantes deben usar ropa de protección adecuada, como overoles, botas de seguridad y delantales, para evitar que las sustancias químicas entren en contacto con su piel. La ropa de protección debe estar hecha de materiales resistentes a los productos químicos y debe lavarse regularmente.
- **Cascos:** Los trabajadores que trabajan en áreas donde pueden caer objetos o donde hay riesgo de golpes en la cabeza, deben usar cascos de seguridad para protegerse contra lesiones craneales.

Procedimientos de seguridad al manipular los desechos: Los trabajadores deben seguir las siguientes directrices.

1. Los trabajadores deben usar EPP adecuado, como máscaras, gafas de seguridad y guantes de goma para protegerse de los desechos contaminantes.
2. Los trabajadores deben conocer y seguir las guías de seguridad establecidas para la manipulación correcta de los desechos contaminantes. Esto incluye el uso de EPP adecuados, el cumplimiento de los límites de exposición, la aplicación de los procedimientos de limpieza adecuados y la inspección de seguridad antes de manipular los desechos contaminantes.
3. Los trabajadores deben informar inmediatamente cualquier incidente potencial a los supervisores y colaborar con estos para corregir la situación de inmediato.
4. Los trabajadores deben seguir los procedimientos establecidos para la eliminación segura de los desechos contaminantes. Esto incluye el almacenamiento adecuado y la eliminación de los desechos de manera segura.
5. Los trabajadores deben realizar una inspección de seguridad antes de manipular los desechos contaminantes.
6. Los trabajadores deben cumplir con las regulaciones estatales para la manipulación segura de los desechos contaminantes.

Pruebas periódicas para detectar cualquier riesgo potencial: Los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos están expuestos a diversos peligros, por esta razón, es importante que se realicen pruebas periódicas para detectar cualquier riesgo potencial. Algunas pruebas que se deben considerar son:

1. Exámenes médicos: A fin de detectar cualquier problema de salud relacionado con la exposición a sustancias químicas tóxicas, estos incluyen pruebas de sangre, orina y radiografías
2. Monitoreo ambiental: Se deben realizar pruebas regulares para monitorear la calidad del aire y del agua en las áreas donde se manipulan y almacenan los desechos contaminantes.
3. Pruebas de respiración: Para detectar cualquier problema respiratorio y pueden incluir espirometría y pruebas de capacidad pulmonar.

4. Pruebas de piel: Para detectar cualquier reacción alérgica o dermatitis de contacto.

4.6.4.4. Formación para el manejo seguro de los desechos contaminantes

Todo el personal involucrado en el manejo de los desechos contaminantes de la planta debe ser capacitado en las mejores prácticas de seguridad y en los procedimientos operativos necesarios. Para esto se considera el siguiente plan de capacitación (ver tabla 15) que integra el tema de formación, los subtemas, duración, responsables, recursos, indicadores de evaluación, entre otros criterios. A pesar de que cada tema demanda el uso de un Flyer en particular, se determina a continuación un afiche informativo que engloba todos los criterios del plan de gestión de seguridad para el buen manejo de los desechos.

Figura 9

Afiche informativo sobre la estructura del plan de gestión



Tabla 15*Plan de capacitación*

Plan de capacitación para los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”					
Responsables	Encargado de los riesgos de la empresa, jefes de cada proceso y directivos de la planta procesadora.				
Fecha de inicio	1 de enero del 2024				
Fecha de término	29 de marzo del 2024				
Número de horas	32 horas				
Tema	Subtemas	Duración	Recursos	Indicadores	
Identificación de los desechos	- Tipos de desechos - Desechos peligrosos y no peligrosos	3 horas	- Proyector - Computadora - Flyers informativos - Guías sobre las características de los compuestos y sustancias utilizadas	Conocimiento de los desechos	(# de Trabajadores con conocimientos adecuados/ # total de trabajadores de la planta de producción) * 100
Uso de equipos de protección personal (EPP)	- Tipos de EPP - Uso de EPP en la planta	2 horas	- Proyector - Computadora - Flyers informativos	Checklist	Utiliza todos los EPP

			- Guías sobre las características de los EPP		
Procedimientos de almacenamiento	- Forma de almacenamiento - Etiqueta - Contenedores - Áreas de almacenamiento	6 horas	- Proyector - Computadora - Flyers informativos - Guías sobre las áreas de almacenamiento	Conocimiento del proceso de almacenamiento	(# de Trabajadores con conocimientos adecuados/ # total de trabajadores de la planta de producción) * 100
Procedimientos de transporte	- Formas de transporte seguro - Procesamientos adecuados	4 horas	- Proyector - Computadora - Flyers informativos	Conocimiento del proceso transporte	(# de Trabajadores con conocimientos adecuados/ # total de trabajadores de la planta de producción) * 100
Procedimientos de eliminación	- Eliminación segura de los desechos	6 horas	- Proyector - Computadora	Conocimiento del proceso de eliminación	(# de Trabajadores con conocimientos adecuados/ # total de trabajadores de la planta de producción) * 100

	- Disposición final de los residuos - Normas ambientales, leyes nacionales		- Flyers informativos - Guías sobre el proceso de eliminación		ntos adecuados/ # total de trabajadore s de la planta de producción) * 100
Prevención de riesgos y accidentes	- Identificació n de situaciones de riesgo - Medidas preventivas - Prácticas de seguridad - Seguridad en el lugar de trabajo	8 horas	- Proyector - Computador a - Flyers informativos - Guías sobre la prevención de riesgos y accidentes	Conocimient o sobre la prevención de riesgos y accidentes	(# de Trabajador es con conocimie ntos adecuados/ # total de trabajadore s de la planta de producción) * 100
Estrés laboral	- Pausas activas - Formas para fomentar el autocuidado	3 horas	- Proyector - Computador a - Flyers informativos - Guías sobre el estrés laboral	Programa de pausas activas y fomento del autocuidado	Técnicas de relajación Ejercicios en equipo Técnicas para el manejo de estrés

4.6.4.5. Monitoreo y evaluación del plan de gestión

El monitoreo y evaluación del plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos es fundamental para garantizar su efectividad y hacer mejoras continuas en el sistema de gestión de desechos. Dentro de los aspectos clave de esta fase, se destaca que es importante monitorear periódicamente los procedimientos establecidos para el almacenamiento, transporte y eliminación segura de los desechos contaminantes para asegurarse de que se sigan adecuadamente. Por otro lado, es necesario realizar inspecciones periódicas para verificar si el personal está cumpliendo con el plan de gestión de desechos y si se están utilizando adecuadamente los EPP.

De igual forma, se debe llevar a cabo un registro detallado de todos los desechos generados por la planta procesadora de minerales auríferos y su disposición final, esto permitirá evaluar la efectividad del plan y hacer mejoras continuas. También, es importante evaluar periódicamente la eficacia del plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes. Esto se puede hacer mediante la revisión de los registros de desechos, la identificación de problemas recurrentes y la realización de encuestas de satisfacción del personal. Con base en los resultados del monitoreo y evaluación, se deben hacer mejoras continuas en el plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes. Esto permitirá reducir los riesgos y mejorar la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, las conclusiones del estudio se fundamentan en el alcance de los objetivos de la investigación.

A través de la matriz INSHT se identificaron cinco factores de riesgos que aludieron a los riesgos físicos, mecánicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales, los cuales fueron valorados en los cuatro procesos que se desarrollan en la organización. Dentro de los hallazgos se evidenció que los trabajadores se encuentran expuestos a un riesgo intolerable de la proyección de partículas, polvo orgánico e inorgánico, enfermedades respiratorias, mala calidad del aire, estrés laboral, exposición de materiales tóxicos, sustancias químicas y desechos contaminantes.

Por otro lado, mediante el uso de la matriz GTC-45 se observó que la exposición a desechos contaminantes sostuvo un nivel de riesgo I indicando que es no aceptable al ser un factor generador de enfermedades e irritaciones en la piel, conduciendo en el peor de los casos a la tenencia de problemas respiratorios, enfermedades renales, crónicas o problemas neurológicos.

En consecuencia, el plan de gestión de seguridad para el manejo de los desechos contaminantes de la planta procesadora se conformó de cinco fases que involucran la identificación de los desechos contaminantes generados por la planta; el establecimiento de procedimientos específicos para el almacenamiento, el transporte y la eliminación segura de los desechos contaminantes. Así como, la adopción de medidas de seguridad para proteger a los empleados de los riesgos de exposición a los desechos; la formación para el manejo seguro de los desechos contaminantes; y el respectivo monitoreo y evaluación del plan de gestión.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa mantener un programa de mantenimiento preventivo orientado a los equipos, máquinas, tuberías y demás recursos tangibles que se utilizan para la separación y extracción de los minerales, esto con la finalidad de evitar accidentes y situaciones que afecten el bienestar y la salud de los trabajadores de la planta procesadora.

Se recomienda a la empresa adoptar estrategias que permitan minimizar la incidencia de los riesgos mecánicos, físicos, ergonómicos y psicosociales, a fin de proteger la salud y seguridad de los trabajadores, y reducir los costos asociados con accidentes laborales.

Adicional, se recomienda efectuar un comité centrado en la seguridad, salud y seguridad ocupacional de los trabajadores que laboran en la planta procesadora. En este ámbito, se destaca la importancia de efectuar registros periódicos sobre los efectos que han generado los riesgos identificados en la salud de los colaboradores para determinar medidas que mitiguen su prevalencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel, M. (2020). Mineralogical study and enhanced gravity separation of gold-bearing mineral, South Eastern Desert, Egypt. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 56(5), 839-848. <https://doi.org/10.37190/ppmp/125977>
- Aguirre, R. (2021). The economic and social impact of mining-resources exploitation in Zambia. *Resources Policy*, 74, 102242. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102242>
- Almeida, M. (2019). Estudio de caso sobre la gobernanza del sector minero en el Ecuador. *Cepal*, 1-12.
- Arias, S., Córdova, J., & Gómez, M. (2021). Alternativas de aprovechamiento de residuos de la industria minera de El Bajo Cauca Antioqueño en el sector de la construcción. *Revista EIA*, 18(36), 5-5.
- Banco Central del Ecuador. (2022). *Sector Minero*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>
- Bautista, N. (2022). *Proceso de la investigación cualitativa: Epistemología, metodología y aplicaciones*. Editorial El Manual Moderno.
- Beltrán, L., Larrahondo, J., & Cobos, D. (2018). Tecnologías emergentes para disposición de relaves: Oportunidades en Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 44, 5-20. <https://doi.org/10.15446/rbct.n44.66617>
- Berger, S., & Alexander, P. (2020). *Making Sense of Mining History: Themes and Agendas*. Universidad de Johannesburgo.
- Boginska, L., Ludmila, O., Yurchenko, Y., & Shushkevych, V. (2020). Environmental and economic aspects of the exploitation of roads by the mining industry. *E3S Web of Conferences*, 168(22), 1-9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016800022>

- Boussingault, M., & Roulin, D. (2022). *Viajes científicos a Los Andes Ecuatoriales*. BoD – Books on Demand.
- Brauer, D., Giubergia, A., & Gil, V. (2019). Evaluación de productos para el control de polvo ambiental en caminos mineros. *Minería y Geología*, 35(2), 165-182.
- Cabral, A., König, S., Eickmann, B., Brauns, M., Tupinambá, M., Lehmann, B., & Varas, M. (2021). Extreme fractionation of selenium isotopes and possible deep biospheric origin of platinum nuggets from Minas Gerais, Brazil. *Geology*, 49(11), 1327-1331. <https://doi.org/10.1130/G49088.1>
- Camargo, L. (2021). *Estrategias cualitativas de investigación en educación matemática: Recursos para la captura de información y el análisis*. Universidad de Antioquia.
- Casadiegos, E., Gutiérrez, A., Herrera, M., & Páez, M. (2017). Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), Art. 2. <https://doi.org/10.22490/21456453.2035>
- Channabasavaiah, H., & Venkata, G. (2021). Income and Employment Generation through Mining Industry in India. *Munich Personal RePEc Archive*, X(VI), 780-789.
- Chopard, A., Marion, P., Mermillod-Blondin, R., Plante, B., & Benzaazoua, M. (2019). Environmental Impact of Mine Exploitation: An Early Predictive Methodology Based on Ore Mineralogy and Contaminant Speciation. *Minerals*, 9(7), Art. 7. <https://doi.org/10.3390/min9070397>
- Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista mexicana de*

- ciencias agrícolas*, 10(6), 1433-1447.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- Doria, C. (2018). Degradación de Residuos Aceitosos Provenientes de Actividades Mineras en la Guajira, Colombia. *Revista Politécnica*, 14(26), Art. 26.
<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v14n26a4>
- D'yachkov, B., Mizernaya, M., Khromykh, S., Bissatova, A., Oitseva, T., Miroshnikova, A., Frolova, O., Kuzmina, O., Zimanovskaya, N., Pyatkova, A., Zikirova, K., Ageyeva, O., & Yeskaliyev, Y. (2022). Geological History of the Great Altai: Implications for Mineral Exploration. *Minerals*, 12(6), Art. 6.
<https://doi.org/10.3390/min12060744>
- Ericsson, M., & Löf, O. (2019). Mining's contribution to national economies between 1996 and 2016. *Mineral Economics*, 32(2), 223-250.
<https://doi.org/10.1007/s13563-019-00191-6>
- Escalante, D., Jeri, Y., Apolinario, R., Roque, R., & Venegas, P. (2022). Un estudio de la competitividad exportadora de los principales productos mineros peruanos (2010-2019). *RIO*, 33, 21.
<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.5939>
- Esparza, A., Peñafiel, A., & Leyva, M. (2022). Estrategia educativa para prevenir la contaminación por desechos plásticos. *Revista Conrado*, 18(88), Art. 88.
- Espinosa, C. (2021). Conocimiento como causa y medio de resistencia a la minería de gran escala: Casos heurísticos del Ecuador. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, 69, 53-75. <https://doi.org/10.17141/iconos.69.2021.4481>
- Estupiñan, R., Romero, P., García, M., Garcés, D., & Valverde, P. (2021). La minería en Ecuador, pasado, presente y futuro. *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)*, 132(4), 18.

- Fernández, M., Florez, D., Yactayo, M., Lovera, D., Quispe, J., Landauro, C., & Pardave, W. (2020). Remoción de metales pesados desde efluentes mineros, mediante cáscaras de frutas. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 8(1), 21-28. <https://doi.org/10.15649/2346030X.627>
- Fienco, A., Lafuente, W., & Mendoza, J. (2019). Estrategias de seguridad ambiental frente a los cambios climáticos en base a los incendios forestales. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 3(1), 997-1023.
- Fontes, S., Garcia, C., Quintanilla, L., Rodríguez, R., & Sarriá, E. (2020). *Fundamentos de investigación en Psicología*. Editorial UNED.
- Gallardo, D., Bruguera, N., & Díaz, J. (2018). Drenaje ácido de minas y su influencia en ecosistemas asociados al yacimiento Santa Lucía, Cuba. *Revista Iberoamericana ambiente y sustentabilidad*, 3(2), 15.
- Garate, J., Canahuire, R., Surco, O., & Alarcón, G. (2021). Desarrollo estructural y composición florística arbórea en áreas afectadas por minería aurífera en la Amazonía peruana: A 20 años de su reforestación. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3437>
- García, E., Meléndez, I., Barahona, R., & Álvarez, A. (2019). Impacto en la salud humana de los desechos provenientes en hospitales y posibles estrategias de manejo. *Revista Científica «“Conecta Libertad”» ISSN 2661-6904*, 3(2), Art. 2.
- García, R., Socorro, A., & Vanessa, A. (2019a). Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 265-271.

- García, R., Socorro, A., & Vanessa, A. (2019b). Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 265-271.
- Garzón, M. (2022). *Retos y tendencias del sector minero en el contexto de la transición energética*. U. Externado de Colombia.
- González, R., Ribalta, J., Ramírez, S., & Jiménez, Y. (2021). Cuantificación de níquel y cobalto en aguas residuales de una planta de procesamiento de minerales auríferos. *Revista Cubana de Química*, 33(3), 345-366.
- Guzmán, A., Oriol, P., Cruz, O., Valdés, R., & Valdés, P. (2021). Fitotecnología para la recuperación de agroecosistemas contaminados con metales pesados por desechos industriales. *Centro Agrícola*, 48(3), 43-52.
- Haro, I. (2020). El contrato de explotación minera. *Derecho y Cambio Social*, 59, 248-329.
- Herrera, J. (2018). *Métodos de minería por transferencia*. E.T.S.I de Minas y Energía. <http://oa.upm.es/70247/>
- Huaranga, F., Rodríguez, E., Méndez, E., & Bernuí, F. (2021). Especies bioindicadoras de contaminación por relaves mineros en el Sector Samne, La Libertad-Perú, 2021. *Arnaldoa*, 28(3), 633-650. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28310>
- Jaimés, J. (2018). Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Una revisión desde los planes de emergencia. *IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria*, 3(1), Art. 1. <https://doi.org/10.25214/27114406.920>
- Li, P., & Cai, M. (2021). Challenges and new insights for exploitation of deep underground metal mineral resources. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 31(11), 3478-3505. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(21\)65744-8](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(21)65744-8)

- López, J., & Pomaquero, J. C. (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. *Polo del Conocimiento*, 5(12), Art. 12. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i12.2139>
- Loza, A., & Ccancapa, Y. (2020). Mercurio en un arroyo altoandino con alto impacto por minería aurífera artesanal (La Rinconada, Puno, Perú). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(1), 33-44. <https://doi.org/10.20937/rica.2020.36.53317>
- Maldonado, P. (2019). *Análisis sobre manejo de desechos tóxicos e impacto ambiental en la empresa minera «Comincobos S.A.»* [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13427/1/ECUACE-2019-AE-DE00438.pdf>
- Marín, Y., Jaramillo, T., & Ocampo, M. (2020). *El cianuro en la minería.: Efectos sobre las plantas acuáticas*. Editorial Universidad de Caldas.
- Massa, P., Cisne, R., & Maldonado, D. (2018). Minería a gran escala y conflictos sociales: Un análisis para el sur de Ecuador. *Problemas del desarrollo*, 49(194), 119-141. <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2018.194.63175>
- Méndez, J., Pinto, L., & Belalcázar, L. (2018). Estudio de una intrusión de polvo sahariano en la atmósfera de Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(32), 17-34. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a1>
- Menéndez, J., & Muñoz, S. (2021). Contaminación del agua y suelo por los relaves mineros. *Paideia XXI*, 11(1), Art. 1. <https://doi.org/10.31381/paideia>
- Molina, R., Gómez, W., & De la Cruz, J. (2021). Contaminación marina por desechos plásticos en países del perfil costero del Pacífico Sur, 2016-2021. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(5), 458-478.

- Montoya, M., Moncada, L., Parra, A., Garzón, I., Martínez, J., & Restrepo, T. (2020). *Temas de derecho minero, energético y petrolero*. Universidad Externado.
- Muñoz, J. (2019). Tratamiento por dechlorinación in situ de bifenilos policlorados (PCBs), para control de riesgos de salud de los trabajadores y el medio ambiente en el sector minero del departamento de Pasco. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(1), 58-68.
- Muñoz, V. (2019). Historia de la minería en Portovelo las luchas mineras de 1919 y 1935. *Boletín Academia Nacional de Historia*, 97(202), Art. 202.
- Ordóñez, M., Montes, L., & Garzón, G. del P. (2018). Importancia de la educación ambiental en la gestión del riesgo socio-natural en cinco países de América Latina y el Caribe. *Revista Electrónica Educare*, 22(1), 345-363.
<https://doi.org/10.15359/ree.22-1.17>
- Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18.
<https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Pérez, D. (2019). *Análisis del potencial de contaminación de los residuos sólidos mineros de la Planta de Procesamiento de Minerales Auríferos de Placetas* [Thesis, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Facultad de Química y Farmacia. Departamento de Licenciatura en Química].
<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/11865>
- Proenza, J., Torró, L., & Nelson, C. (2020). Mineral deposits of Latin America and the Caribbean. Preface. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(3), 1-3.
<https://doi.org/10.18268/BSGM2020v72n3a250820>

- Ramírez, J., & Calles, R. (2021). *Manual de metodología de la investigación en negocios internacionales*. Ecoe Ediciones.
- Rasinger, S. (2020). *La investigación cuantitativa en lingüística: Una introducción*. Ediciones AKAL.
- Rebollo, P., & Ábalos, E. (2022). *Metodología de la Investigación/Recopilación*. Editorial Autores de Argentina.
- Riaño, C. (2022). Entre Colonia y República. Fiscalidad en Ecuador, Colombia y Venezuela, 1780-1845. *Fronteras de la Historia*, 27(1), Art. 1. <https://doi.org/10.22380/20274688.2044>
- Ríos, R. (2018). LMinería en América Latina y el Caribe, un enfoque socioambiental. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 617-631. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1066>
- Robles, E., Medina, A., & Escudero, C. S. M. (2019). La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016). *Industrial Data*, 22(1), 173-179.
- Robles, R., & Foladori, G. (2019). Una revisión histórica de la automatización de la minería en México. *Problemas del desarrollo*, 50(197), 157-180. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.197.64750>
- Rocha, L., Olivero, J., & Caballero, K. (2018). Impacto de la minería del oro asociado con la contaminación por mercurio en suelo superficial de San Martín de Loba, Sur de Bolívar (Colombia). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(1), 93-102. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.08>

- Rojas, M., & Arbeláez, D. (2020). Panorama de la implementación de los sistemas de gestión ambiental en la Amazonia Colombiana. *Revista Científica del Amazonas*, 3(6), Art. 6. <https://doi.org/10.34069/RA/2020.6.04>
- Ruban, D., Ermolaev, V., & Van, A. (2021). Exploitation of Mineral Resources Requires Proper People: Expectations of the World's Top Mining Companies. *Resources*, 10(10), Art. 10. <https://doi.org/10.3390/resources10100101>
- Shaltami, O., Morais, D., Fares, F., El Oshebi, F., Errishi, H., & Bustany, I. (2020, septiembre 7). *Gold-bearing veins: A review*. https://www.researchgate.net/publication/344150832_Gold-bearing_veins_A_review
- Silva, J., Leal, Á., Arismendi, J., & Pérez, A. (2021). Uso de humedales de flujo subsuperficial con *Phragmites australis* como alternativa de biorremediación de fuentes superficiales afectadas por drenajes ácidos de minas de carbón. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(6), Art. 6. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-05>
- Sociedad Argentina de Pediatría. (2020). *Impacto de la Minería en la Salud humana y en el Ambiente*. https://www.sap.org.ar/uploads/archivos/general/files_impacto-de-la-mineria-en-la-salud-humana-y-en-el-ambiente-12-20_1607596789.pdf
- Song, Y., & Zhang, S. (2022). The Differences in Risk Perception between Practitioners in the Non-Coal-Mining Industry: Miners, Managers and Experts. *Toxics*, 10(623), 1-24. <https://doi.org/10.3390/toxics10100623>
- Soto, M., Rodriguez, L., Olivera, M., Arostegui, V., Colina, C., & Garate, J. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en

- áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 49-59. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>
- Sotomayor, A. (2018). *Tecnologías limpias: Medio ambiente y comercialización de minerales*. Universidad de Lima. https://books.google.com.ec/books?id=EdWEDwAAQBAJ&lpg=PT4&ots=eL0ObzY9_-&dq=minerales%20y%20productos%20mineros&lr&hl=es&pg=PT4#v=onepage&q=minerales%20y%20productos%20mineros&f=false
- Svampa, M., & Mirta, A. (2021). *Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales*. Editorial Biblos. https://books.google.com.ec/books?id=z6NOEAAAQBAJ&lpg=PT3&ots=Z42xHnS_EB&dq=manejo%20de%20minería%20&lr&hl=es&pg=PT3#v=onepage&q=manejo%20de%20minería&f=false
- Terrones, J., Suárez, J., Bernardo, A., Álvarez, L., Menéndez, M., & Corpas, F. (2021). Treatment of Soil Contaminated by Mining Activities to Prevent Contamination by Encapsulation in Ceramic Construction Materials. *Materials*, 14(22), 6740. <https://doi.org/10.3390/ma14226740>
- Toriz, N., Ramírez, M., Fernández, Y., Soria, J., & Ybarra, M. (2019). Comparación de modelos lineales y no lineales para estimar el riesgo de contaminación de suelos. *Agrociencia*, 53(2), 269-283.
- Torres, V., Ramírez, Y., & López, D. (2021). Sostenibilidad ambiental en la minería de materiales aluviales: El caso de Rio Negro, Dibulla, Colombia. *Información tecnológica*, 32(6), 85-92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000600085>

- Ureta, S., Mondaca, F., & Landherr, A. (2018). Sujetos de desecho: Violencia lenta e inacción ambiental en un botadero minero abandonado de Chile. *Canadian Journal of Latin American and Caribbean Studies / Revue canadienne des études latino-américaines et caraïbes*, 43(3), 337-355.
<https://doi.org/10.1080/08263663.2018.1491685>
- Valdés, C. (2019). Contaminación ambiental. *Avances*, 21(2), 138-138.
- Vásconez, M., & Torres, L. (2018). Minería en el Ecuador: Sostenibilidad y licitud. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(2), 83-103.
- Vilela, W., Espinosa, M., & Bravo, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios de la Gestión. Revista Internacional de Administración*, 8, 215-233.
<https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>
- Zamora, G., Lafuente, J., & Hinojosa, O. (2020). Propuesta de rehabilitación ambiental del pasivo minero de Japo—Santa Fe. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 5(1), 3-18.

ANEXOS

Anexo A. Cuestionario de la entrevista

1. Bajo su percepción ¿Cuáles son los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?
2. ¿Considera que tales riesgos pueden afectar la salud y el bienestar de los trabajadores?
3. Actualmente ¿Identifican los peligros y valoran los riesgos en seguridad y salud de los trabajadores que trabajan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?
4. ¿Cuáles son los desechos contaminantes que genera la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?
5. En la actualidad ¿Cómo se han manejado los desechos contaminantes que la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?
6. ¿Qué efectos han generado estos desechos contaminantes en la salud de los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?
7. ¿Considera adecuado que se realice un plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?
8. ¿Qué beneficios considera usted que podría generar el plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

Anexo B. Cuestionario de la encuesta

1. ¿Cuáles son los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.

- Exposición a contaminantes químicos
- Exposición a agentes biológicos
- Exposición a productos inflamables
- Exposición a partículas y polvo
- Exposición a ruido excesivo y vibración
- Exposición a lesiones por caídas, golpes, quemaduras
- Exposición a radiación

2. ¿Considera que tales riesgos pueden afectar la salud y el bienestar de los trabajadores?

- Sí
- No

3. Actualmente ¿Identifican los peligros y valoran los riesgos en seguridad y salud de los trabajadores que trabajan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

- Sí
- No

4. ¿Cuáles son los desechos contaminantes que genera la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.

- Lodos, ceniza y relave
- Productos químicos
- Residuos de aceite y grasa
- Residuos de combustibles
- Agua contaminada

5. ¿Cree usted que se han manejado los desechos contaminantes que la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” de forma correcta?

- Sí

No

6. ¿Qué efectos han generado estos desechos contaminantes en la salud de los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.

Dolores de cabeza

Mareos

Fatiga

Irritación de los ojos y de la piel

Enfermedades respiratorias

Trastornos hormonales

7. ¿Considera adecuado que se realice un plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?

Sí

No

8. ¿Qué beneficio considera usted que podría generar el plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccionar la opción más importante

Protección de los peligros potenciales

Reducir los costos de eliminación de desechos

Garantía de la eliminación eficiente y segura de los desechos

Preservación del medio ambiente

Anexo C. Síntesis de los hallazgos de la encuesta

Preguntas	Resultados más importantes
1. ¿Cuáles son los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a ruido excesivo y vibración (48,6%) • Exposición a partículas y polvo (42,9%) • Exposición a contaminantes químicos (34,3%)
2. ¿Considera que tales riesgos pueden afectar la salud y el bienestar de los trabajadores?	<ul style="list-style-type: none"> • Sí (100,0%)
3. Actualmente ¿Identifican los peligros y valoran los riesgos en seguridad y salud de los trabajadores que trabajan en la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?	<ul style="list-style-type: none"> • No (100,0%)
4. ¿Cuáles son los desechos contaminantes que genera la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Productos químicos (54,3%) • Lodos, ceniza y relave (45,7%) • Residuos de aceite y grasa (42,9%)
5. ¿Cree usted que se han manejado los desechos contaminantes que la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco” de forma correcta?	<ul style="list-style-type: none"> • No (80,0%)
6. ¿Qué efectos han generado estos desechos contaminantes en la salud de los trabajadores de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccione los dos más importantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades respiratorias (54,3%) • Irritación de los ojos y de la piel (48,6%) • Dolores de cabeza (42,9%)
7. ¿Considera adecuado que se realice un plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta	<ul style="list-style-type: none"> • Sí (100,0%)

<p>procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”?</p>	
<p>8. ¿Qué beneficio considera usted que podría generar el plan de gestión de seguridad para el manejo de desechos contaminantes de la planta procesadora de minerales auríferos “Hermanos Franco”? Seleccionar la opción más importante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Garantía de la eliminación eficiente y segura de los desechos (51,4%) • Protección de los peligros potenciales (34,3%)

**PLANTA PROCESADORA DE MATERIALES
AURÍFEROS
“HERMANOS FRANCO”
Ruc. 0701405540001
El Pache – Portovelo – El Oro – Ecuador**

Ing. Fabiola Terán

Guayaquil, 01 de marzo de 2023

Directora de la Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil

De mis consideraciones:

Port medio de la presente informo a usted, que los estudiantes: ROMERO VACA VÍCTOR MANUEL con cédula de identidad No.1208521698 y FRANCO CHICA RUTILO MANUEL Con cédula de identidad No.07056373513, culminaron satisfactoriamente su propuesta de estudio en la PLANTA PROCESADORA DE MATERIALES AURÍFEROS “HERMANOS FRANCO” con su tema de tesis “**PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DE DESECHOS CONTAMINANTES DE LA PLANTA PROCESADORA DE MINERALES AURÍFEROS “HERMANOS FRANCO”**” se analizará con su equipo técnico el proyecto de mejora propuesto por los estudiantes para de ser factible implementarlo en las instalaciones de la planta.

Atentamente,



**Rutilo Manuel Franco Torres
GERENTE PROPIETARIO**