

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA
VICERRECTORADO**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**



**PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS DE MANEJO SEGURO DE EXPLOSIVOS DE
VOLADURA EN LA COOPERATIVA MINERA "SAN PEDRO DE PUCA CANCHA
R.L." PROVINCIA, NOR CINTI -CHUQUISACA**

Diplomado en seguridad industrial, salud en trabajo y responsabilidad social, v.2

NOMBRE: Lilia Vilma Janko Ramos

Sucre - Bolivia

2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del Diploma **en seguridad industrial, salud en trabajo y responsabilidad social, v.2.** de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Lilicia Vilma Janko Ramos

Nombres y Apellidos

Sucre, abril de 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a **Dios**, quien ha guiado mis pasos durante este arduo camino y me ha otorgado la capacidad para alcanzar esta meta.

Agradezco a mi padre, **Valerio Janko Paco**, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi madre una gran mujer líder, **Virgilia Ramos Aguilar**, quien no solo me brindó su amor y apoyo incondicional, sino que además luchó incansablemente a mi lado durante los momentos más difíciles. Su sacrificio y dedicación fueron fundamentales para mi recuperación, muchas gracias por creer en mi incluso cuando yo dudaba.

A mis **hermanos(a)**, quienes han sido un sólido apoyo emocional, gracias por recordarme que siempre tengo la capacidad para alcanzar mis sueños.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, primero y, ante todo, por su amor incondicional, guía constante y fortaleza durante mi trayecto universitario. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, quienes han sido mi apoyo inquebrantable desde el principio. Su amor, sacrificio y orientación han sido fundamentales en mi camino académico.

Agradezco también a mis amigos de la carrera por su apoyo incondicional cada momento compartido ha sido invaluable para mí y a mis estimados docentes por su dedicación y enseñanzas que han sido fundamental en mi desarrollo académico. Estoy eternamente agradecido por todas las bendiciones y oportunidades que he recibido.

RESUMEN

El objetivo principal de esta monografía fue proponer procedimientos para manejo seguro de explosivos de voladura en la minería artesanal. El manejo seguro de explosivos en la Cooperativa minería de San Pedro de Puca Cancha R.L. es crucial para garantizar la seguridad de los trabajadores y el entorno minero en general.

Actualmente, se han identificado en el diagnóstico de la empresa minera debilidades significativas en los procedimientos, de almacenamientos, transporte, manejo de explosivos, lo que representa una seria amenaza para la seguridad.

A través del Método IPER, se identificaron riesgos significativos en todas las etapas del manejo de explosivos, revelando riesgos significativos en el almacenamiento, preparación, transporte, carguío, y encendido de explosivos.

Para abordar estos riesgos, se proponen medidas de control basadas en la jerarquía de controles, que incluyen la implementación de herramientas adecuadas, prácticas de procedimientos seguros y capacitación exhaustiva.

Es fundamental enfatizar el uso de equipos de protección personal.

Estas medidas son esenciales para mitigar los riesgos y garantizar un entorno laboral seguro en la actividad minera de San Pedro de Puca Cancha R.L.

INDICE

1. CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA	4
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
1.2. OBJETIVOS	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. JUSTIFICACIÓN	6
1.4. METODOLOGIA.....	7
1.4.1. Tipo de investigación: descriptiva	7
1.4.2. Enfoque: mixto	7
1.4.3. Alcance: Descriptiva.....	8
2. CAPITULO II: DESAROLLO	9
2.1. MARCO TEORICO (conceptual y contextual).....	9
2.1.1. Marco teórico.....	9
2.1.2. Marco conceptual	13
2.1.3. Marco contextual	15
2.2. INFORMACIÓN Y DATOS CONTENIDOS	17

2.2.1. Métodos y Técnicas para Manejo seguro de Explosivos de Voladuras. ...	17
2.2.2 Diagnostico actual de Manejo de Explosivos de Voladura de la Cooperativa minera.	25
2.2.3. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Método IPER..	33
2.3. ANALISIS Y DISCUSIÓN	36
3. CAPITULO III: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
3.1 RESULTADOS.....	38
3.2. CONCLUSIONES.....	51
3.3. RECOMENDACIONES	53
Bibliografía.....	53
ANEXOS	56
Anexo 1: Identificación de los diferentes tipos de explosivos usados en la minería.....	56
Anexo 2: Almacenes de explosivos(polvorines)	60
Anexo 3: Al trasportar explosivos lo que nunca se debe hacer.	62
Anexo 4: Preparación correcta de cebo o prima.....	64
Anexo 5: Proceso de encendido correcto	67
Anexo 6: Entrevistas.....	68
Anexo 7: Pasos para realizar Matriz IPER	71
Anexo 8: Elementos de protección personal	75

Anexo 9: Imágenes de materiales y herramientas para los explosivos que se propone adquirir.....	76
---	----

FIGURAS

Figura 1 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	5
Figura 2 <i>Jerarquía de controles</i>	13
Figura 3 <i>Ubicación de la cooperativa</i>	16
Figura 4: <i>Organigrama de la cooperativa minera</i>	17
Figura 5: <i>Polvorín de superficie</i>	18
Figura 6: <i>Polvorín móviles</i>	18
Figura 7: <i>Vehículos para trasportar explosivos</i>	19
Figura 8: <i>Trasporte de explosivos</i>	20
Figura 9: <i>Trasporte a la boca mina</i>	20
Figura 10: <i>Encendido de mechas</i>	21
Figura 11: <i>Corte de mecha</i>	21
Figura 12: <i>Ensamblado de fulminante</i>	21
Figura 13: <i>Perforado y unión de fulminante</i>	22
Figura 14: <i>Cebo preparado</i>	22
Figura 15: <i>Taqueo</i>	23
Figura 16: <i>Carguío a barreno</i>	23
Figura 17: <i>Cooperativa San Pedro de Puca Cancha</i>	26
Figura 18: <i>Almacén actual de la empresa</i>	29
Figura 19: <i>Explosivos que utiliza</i>	29
Figura 20: <i>Lugar para preparar cebo</i>	29

Figura 21: <i>Preparación del cebo</i>	29
Figura 22: <i>Observación de preparado de cebo</i>	30
Figura 23: <i>Mesa donde se prepara cebo</i>	30
Figura 24: <i>Perforado de cebo</i>	31
Figura 25: <i>Cortado de la guía</i>	31
Figura 26: <i>Trasporte de explosivos preparados</i>	31
Figura 27: <i>Área de trabajo de la minería</i>	32
Figura 28: <i>Niveles de riesgo</i>	33
Figura 29: <i>Cajas tipo Mochila de transporte de explosivos</i>	44
Figura 30: <i>Carguío y Encendido correcto</i>	46
Figura 31: <i>Ropa de protección personal</i>	50
Figura 32: <i>Explosivos principales</i>	60
Figura 33: <i>Eliminación de tiros quedados</i>	66
Figura 34: <i>Proceso de preparación de cebos</i>	66
Figura 35: <i>Proceso de encendido de tiros</i>	67
Figura 36: <i>Uso de protección personal en la minería actual</i>	70
Figura 37: <i>Cajas para el transporte de explosivos</i>	76
Figura 38: <i>Descarga de explosivos del vehículo</i>	77
Figura 39: <i>Carga correcta de explosivos a la caja</i>	77
Figura 40: <i>Trasporte de explosivos</i>	78
Figura 41: <i>Herramientas para preparado de cebos</i>	78

TABLAS

Tabla 1 <i>Antecedentes</i>	2
Tabla 2 <i>Metodología</i>	8
Tabla 3 <i>Valoración de riesgos</i>	33
Tabla 4 <i>Matriz IPER de manejo de explosivos</i>	34
Tabla 5 <i>Tipos de explosivos</i>	56
Tabla 6 <i>Almacén de explosivos</i>	60
Tabla 7 <i>Lo que nunca se debe hacer al transportar los explosivos.</i>	62
Tabla 8 <i>Riesgo al manipuleo de explosivos.</i>	63
Tabla 9 <i>Equipo de protección personal (EPP)</i>	75

1. CAPITULO I: INTRODUCCION

La Cooperativa Minera San Pedro de Puca Cancha R.L se dedica a la explotación de mineral de Zinc en la región de los Cintis, Chuquisaca-Bolivia. La actividad minera requiere el uso de explosivos de voladura para la fragmentación de la roca. La seguridad y el manejo adecuado de estos explosivos son fundamentales para la protección de los trabajadores, la comunidad y el medio ambiente

El Manejo de Explosivos incluye las medidas generales de seguridad en el manejo de explosivos y accesorios para faenas de minería. Se refiere desde su recepción y almacenamiento hasta su detonación. Los explosivos que utiliza son los siguientes productos y sus variables: dinamitas, capsulas, agentes de voladura de todo tipo, ANFO, fulminantes comunes (capsula, detonador, estopín) y cordón detonante. (pacherre, 2021)

Las actividades que realizan los mineros no están exentas de riesgos, los cuales, si no son controlados adecuadamente, se pueden traducir en accidentes fatales o incapacitantes. Desgraciadamente, el registro estadístico nos muestra que un número importante de productores de las cooperativas mineras han perdido la vida en accidentes muy lamentables, y otros tantos han sufrido lesiones de consideración. (Empresa nacional minera ENAMI, 2010)

La Cooperativa Minera San Pedro de Puca Cancha R.L quiere la seguridad de sus trabajadores, la comunidad es su prioridad. Por este motivo se presentó esta propuesta de procedimientos de manejo seguro de explosivos de voladura, cuyo objetivo es establecer los lineamientos y procedimientos para garantizar la seguridad y el manejo adecuado de los explosivos.

1.1 ANTECEDENTES

La historia minera de la comunidad Puca Cancha en San Lucas se remonta a la década de 1960 en sus inicios, la actividad estuvo marcada por la explotación a manos de los patrones de la época, quienes sometían a los comunarios a condiciones de trabajo precarias. La extracción de zinc se realizaba de forma rudimentaria utilizando herramientas manuales como "tramontinas" y el transporte del mineral se llevaba a cabo a caballo.

Con el paso del tiempo, la explotación minera pasó a ser controlada por empresarios mineros. Estos nuevos actores introdujeron mejoras en la infraestructura, construyendo caminos para facilitar el transporte del mineral. Sin embargo, esta etapa también estuvo caracterizada por la apropiación indebida de las riquezas por parte de los empresarios mineros, quienes no compartían equitativamente los beneficios con la comunidad local.

Movidos por un afán de justicia y el deseo de tomar control de sus propios recursos, los comunarios de Puca Cancha se unieron en 1996 para iniciar una lucha por la recuperación de la mina. Tras un proceso lleno de tenacidad, lograron expulsar a los empresarios y establecer la gestión comunitaria de la mina.

En el año 2015, se formalizó la creación de la Cooperativa Minera San Pedro de Puca Cancha R.L., consolidando el control comunitario sobre la mina. Desde su fundación, la cooperativa ha estado comprometida con la gestión minera responsable y sostenible, velando por el bienestar de la comunidad y la protección del medio ambiente. En la actualidad, la Cooperativa Minera San Pedro de Puca Cancha R.L. continúa operando activamente, extrayendo zinc y otros minerales de la mina.

Tabla 1

Antecedentes

Autor	Titulo	Teorías Aplicadas	Objetivos	Resultados
Espinoza Rubín, Jean Carlos Héctor (9/05/2023)	Mejora de la calidad de la voladura mediante una nueva malla de perforación y el uso de emulsiones	Las teorías que se aplicó teorías de fragmentación de rocas, mecánica de rocas que estudia comportamiento de rocas bajo diferentes condiciones de carga, diseño de mallas de perforación establece el criterio para la selección de espaciamiento, de los explosivos de voladura	Diseñar una nueva malla de perforación y usar explosivos emulgran Qhana para obtener mejoras en la calidad de la voladura.	La nueva malla de perforación y el uso de explosivos han demostrado ser una alternativa viable para mejorar la calidad de la voladura y la productividad

<p>María Lourdes Pacherras (15/03/2021)</p>	<p>Seguridad en el manejo y manipulación de explosivos</p>	<p>Medidas básicas de manejo de explosivos, diversas teorías científicas para garantizar la seguridad y eficiencia. Teoría de detonación Mecánica de fluidos Ingeniería de materiales</p>	<p>Describir las medidas generales de seguridad para el manejo de explosivos y accesorios en faenas mineras, desde su recepción hasta su disposición final.</p>	<p>Tiene como desarrollo nuevas tecnologías y técnicas para mejorar la seguridad en el manejo de explosivos. Mayor comprensión de los riesgos asociados al uso de explosivos.</p>
<p>Manuel Faustino PEÑA CASTILLO (2021)</p>	<p>Sistema de G.C, seguridad y salud en el trabajo para optimizar la gestión de riesgos en el proceso de la voladura de roca de Volmin</p>	<p>Integración de control y eliminación progresiva de riesgos mediante herramientas de gestión como IPEC, PETS y PETAR, minimización de incidentes en las actividades</p>	<p>Identificar los parámetros y rangos de control en cada una de las etapas de las actividades de perforación y voladura para prevenir los incidentes y accidentes.</p>	<p>La implementación de gestión de calidad, seguridad y gestión en el trabajo y la integración de GSC y SGSST ha sido clave en éxito de la empresa.</p>
<p>-José Bernaola Alonso, Jorge castillo Gomes, juan herrera Herbert (Madrid 2013)</p>	<p>Perforación y voladura de rocas en minera</p>	<p>Se tiene dos tecnologías diferenciado, la tecnología de perforación y la tecnología y diseño y ejecución de voladuras donde se emplean multitud de aplicaciones como ser la exploración, drenajes, sostenimiento etc.</p>	<p>El objetivo es las técnicas de perforación y voladura utilizadas en la extracción de roca.</p>	<p>Los resultados esperados son fragmentación de rocas en trozos de tamaño adecuado para su transporte Eliminación de gases generados por la explosión Y la importación de evitar accidentes.</p>
<p>Patricio Blamey Morgado (13/04/2010)</p>	<p>Reglamento interno de explosivos</p>	<p>Las teorías que se le aplico, Teoría de detonación de explosivos donde indica como inicia y propaga la explosión Mecánica de rocas estudia comportamiento de rocas bajo diferencias condiciones. Ingeniería de</p>	<p>Su objetivo es regular las actividades relacionados con el uso, manejo y transporte de los explosivos y accesorios de tornadura para proteger la integridad</p>	<p>Implementación del reglamento para la prevención de accidentes durante la voladura ha tenido resultados positivos en la minimización de</p>

		voladuras aplica principio de científicos para diseñar y ejecutar voladuras seguros y eficientes.	física de los trabajadores y de los bienes físicos.	riesgos de explosiones accidentales y la protección.
Leyva Pajuelo, Giovanna Cecilia (2015)	consideraciones de seguridad en el manipuleo de explosivos en la actividad minera	Las teorías que aplica son: análisis y evaluación de las normas de seguridad en manipulación de explosivos, en gestión de riesgos donde se identifica y evaluar y controlar riesgos, y la ergonomía para minimizar la fatiga y estrés. Decreto supremo N° 019-71/ IN. Decreto supremo N° 055-2010-EM	Evaluar las normas de seguridad y el rol de la SUCAMEC en la manipulación de explosivos en la minería peruana	La investigación ha permitido analizar y evaluar las normas de seguridad, los programas de prevención, el equipamiento de seguridad, los accidentes y la cultura de seguridad en las de manipulación de material explosivo.

Fuente: Elaboración propia

1.1.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

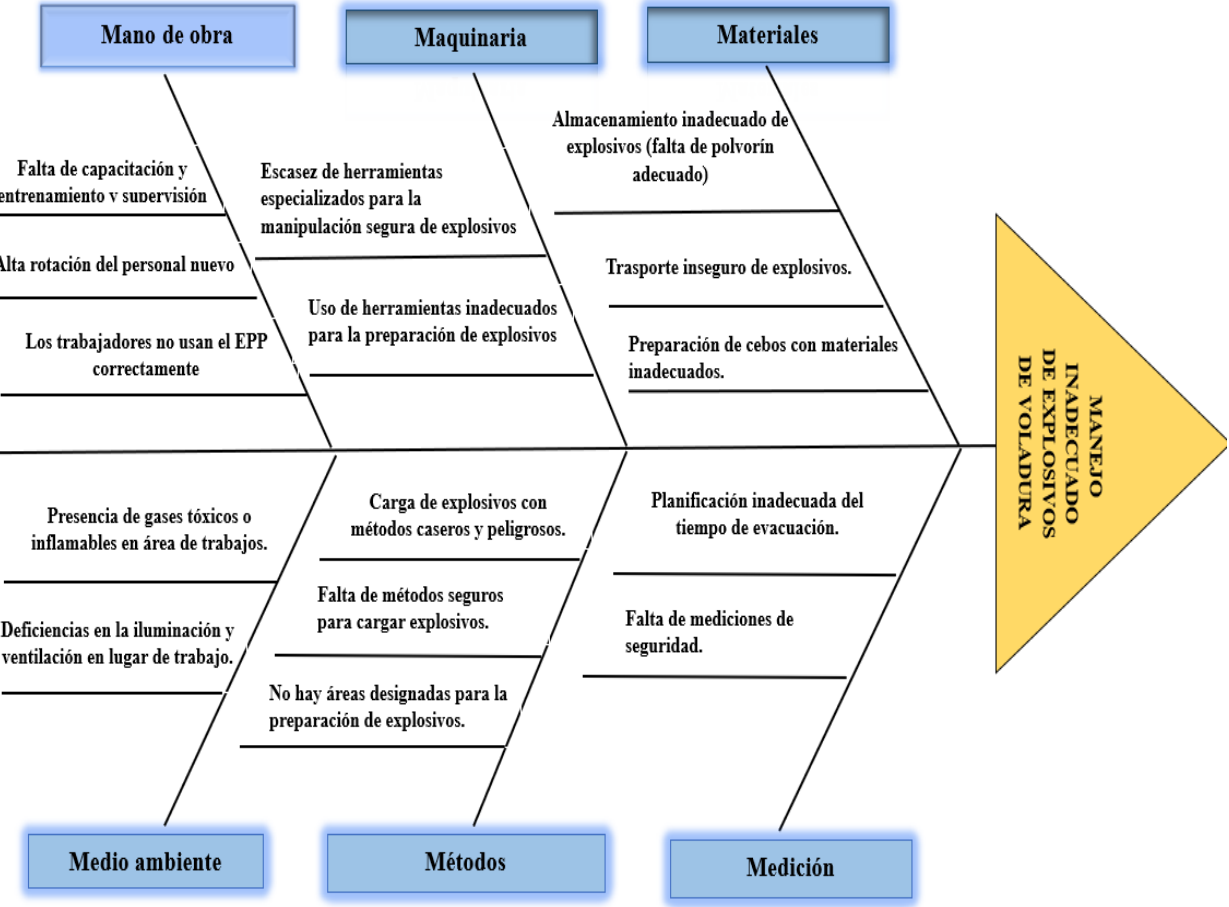
En la actualidad, en toda empresa minera que realiza la explotación del mineral el tema de manejo explosivo de voladura tiene como principal preocupación de altos índices de accidentabilidad puesto que con la voladura se producen gases tóxicos (afectan a la salud de los trabajadores), rocas suspendidas (afectan a las personas, equipos y materiales), polución (afecta las personas y medio ambiente). (pacco & carlos, 2021)

En la operación de voladura en la cooperativa minera presenta una situación preocupante en cuanto a la seguridad. Se observa una falta de capacitación y entrenamiento del personal, lo que aumenta el riesgo de accidentes. Además, el almacenamiento y transporte de explosivos no se ajusta a las normas de seguridad, carece de polvorín adecuado poniendo en peligro la salud e integridad de los trabajadores. La ausencia de un espacio adecuado para la preparación de materiales explosivos y la escasez de herramientas especializadas para la voladura, como alicates para cortar guías, generan interrupciones en el proceso y ponen en riesgo al personal.

Se observa también la persistencia de procedimientos caseros y potencialmente peligrosos en la carga de explosivos a los taladros, como el corte improvisado de guías y la conexión a mechas mediante procedimientos inseguros. Esto aumenta significativamente el riesgo de accidentes graves y afecta la eficiencia operativa. Por último, la falta de control y seguimiento del uso de explosivos, junto con el uso inadecuado de EPP,

Figura 1

Diagrama de Ishikawa



Nota: Problemas en manejo de explosivos en la cooperativa. Fuente: Elaboración propia

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿cuál sería la estrategia más efectiva para desarrollar los procedimientos de manejo seguro de explosivos en la cooperativa minera San Pedro de Puca Cancha R.L. con el propósito de minimizar los riesgos de accidentes y promover un entorno laborar seguro?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Proponer procedimientos de manejo seguro de explosivos de voladura en la cooperativa minera "San Pedro de Puca Cancha R.L." Provincia Nor Cinti -Chuquisaca

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir los métodos y técnicas para el manejo seguro de explosivos.
- Diagnosticar la situación actual del manejo de explosivos de voladura en la minería de San Pedro de Puca Cancha R.L.
- Identificar peligros, evaluar y controlar los riesgos (IPER) en manejo de explosivos de voladura.
- Proponer medidas de control al proceso de voladura.
- Diseñar procedimientos para la gestión de los riesgos más críticos en el manejo es explosivos de voladura.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica por la necesidad de mejorar la seguridad en el manejo de explosivos de voladura en la cooperativa minera San Pedro de Puca Cancha RL. Se proponen un conjunto de procedimientos para el manejo seguro de explosivos de voladura, con el objetivo prevenir accidentes y proteger la vida y salud de los trabajadores.

- **Justificación económica:**

La inversión en la mejora del manejo de explosivos de voladura representa una medida preventiva que puede conducir a ahorros a largo plazo. Los costos asociados con la implementación de medidas de seguridad suelen ser menores que los costos derivados de los accidentes, como gastos médicos, indemnizaciones, interrupciones en las operaciones y posibles multas.

- **Justificación social:**

La seguridad de los trabajadores es fundamental. La propuesta de un manejo seguro de explosivos se centra en proteger la salud y el bienestar de todos los empleados, lo que podría contribuir positivamente a su calidad de vida. Además, al considerar prácticas más seguras en el manejo de explosivos, se puede promover una relación más positiva con las comunidades locales al reducir el riesgo de accidentes y minimizar el impacto ambiental.

- **Justificación legal:**

Si se implementa el manejo seguro de explosivos de voladura estaría dando el cumplimiento, de la Normativa boliviana. La Ley N° 400 de Control de Armas de Fuego, Municiones, Explosivos y otros Materiales Relacionados y su Decreto Supremo Reglamentario N° 2175 establecen normas de seguridad para el manejo de explosivos. La cooperativa minera tiene la responsabilidad legal de cumplir con estas normas para proteger la seguridad de sus trabajadores y también de posibles sanciones legales por el incumplimiento legal y reduce el riesgo de demandas y procesos legales por accidentes.

1.4. METODOLOGIA

1.4.1. Tipo de investigación: descriptiva

La investigación descriptiva describe fenómenos sin buscar relaciones causales, basada en la observación y el registro de datos sin manipular variables. Es flexible, adaptable y se utiliza en estudios de caso, encuestas, observación y análisis documental. Es útil para decisiones, políticas y comprensión de problemas, aunque puede ser costosa y lenta. (ortega, 2020)

1.4.2. Enfoque: mixto

Es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en una investigación para responder a un planteamiento. Justifica este enfoque porque ambos métodos se entremezclan en muchas etapas, y combinarlos facilita la triangulación, lo que permite una comprensión más amplia del fenómeno en estudio. (Medina, 2013)

1.4.3. Alcance: Descriptiva

“Se enfoca en realizar un informe detallado sobre el fenómeno de estudio, sus características y configuración. No le importan ni las causas, ni las consecuencias de este, solamente quiere tener una visión clara para entender su naturaleza”. (ortega, 2020)

Tabla 2

Metodología

TIPO DE MOGRAFIA: Compilación		TIPO DE INVESTIGACION: Descriptiva		
OBJETIVOS	METODOS	TECNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS ESPERADOS
Describir los métodos y técnicas para el manejo seguro de explosivos	Deductivo	-Revisión de documentos -Observación	-Se revisan normas de seguridad, procedimientos, guías, técnicas para el manejo seguro de explosivos. - -Se observan la aplicación de métodos y técnicas (minas, canteras, construcción, etc..)	Identificación de las mejores prácticas para el manejo seguro de explosivos.
Diagnosticar la situación actual del manejo de explosivos de voladura	Método Analítico Sintético Deductivo inductivo	-Análisis documental -Entrevistas -Observación	Visita a la empresa para ver situación actual -Guía de entrevista -Fotografías	Tener la información actual para proponer el manejo adecuado en el manejo de explosivo
Identificar peligros, evaluar y controlar los riesgos (IPER) en manejo de explosivos de voladura.	Deductivo e inductivo	-Revisión de documentos -Entrevistas personal de trabajo -Análisis de riesgos	-En sitio web -Guía de entrevista -se utilizará matriz IPER. para evaluar la probabilidad e impacto de los riesgos	Lista de peligros y riesgos identificados en cada etapa de proceso de voladura

Proponer medidas de control al proceso de voladura.	Deductivo e inductivo	<ul style="list-style-type: none"> -Revisión de documentos -Análisis de riesgos -Entrevista 	Se revisará en sitio web las guías técnicas y los manuales para identificar medidas de control para los peligros y riesgos asociados al manejo de explosivos.	<ul style="list-style-type: none"> -Evaluación de la eficacia, viabilidad de cada medida de control. -Propuesta de un plan de implementación de las medidas de control.
---	-----------------------	--	---	---

Fuente: Elaboración propia

2. CAPITULO II: DESAROLLO

2.1. MARCO TEORICO (conceptual y contextual)

2.1.1. Marco teórico

- **Sustancias explosivas**

Los explosivos químicos se clasifican en dos tipos: Rápidos y lentos. Los rápidos, con velocidades de 2000 a 7000 m/s, se dividen en primarios (inician la explosión) y secundarios (la propagan). Los primarios incluyen detonadores a fuego o eléctricos e iniciadores (boosters). Los secundarios son la dinamita, anfo, etc. Los lentos, con velocidades menores a 200 m/s, son las pólvoras, pirotecnia y propulsores para artillería y cohetes. (SERNAOMIN GIA 3, 2013, p. 6)

- **Accesorios de voladura**

En todos aquellos trabajos en los que se emplean explosivos, tanto en minería, es necesario que la detonación se inicie correctamente. Para ello, es necesario conocer aquellos medios y técnicas que permiten iniciar la reacción en régimen de detonación, la iniciación de explosivos y, de forma subsiguiente, la iniciación de voladuras de manera que se produzca la detonación de un conjunto de barrenos con un orden determinado. (en detonadores eléctricos, no eléctricos o electrónicos) o bien directamente por efecto de una llama (detonadores ordinarios). (jose, Jorge, & Juan, 2013, p. 109)

- **Detonadores ordinarios**

Son aquellos que se inician mediante mecha lenta. La mecha lenta se introduce en el extremo abierto de una cápsula de aluminio que aloja la carga explosiva del detonador y se engarza mediante unas tenazas especiales, de modo que se evite que la mecha se salga durante su manipulación. Se usa, por tanto, únicamente en voladuras de roca ornamental.

Debido a su configuración, no es posible establecer ningún tipo de retardo en el detonador, por lo que una vez que llegue la llama propagada por la pólvora que lleva alojada la mecha en su interior, el detonador se inicia instantáneamente. (jose, Jorge, & Juan, 2013, p. 112)

- **Transporte de los explosivos**

Respecto del vehículo: Para el manejo de explosivos, es crucial seguir las normas del Decreto Supremo Reglamentario N° 2175. Los vehículos que transporten explosivos deben cumplir con las condiciones exigidas, estar en buen estado y contar con extintor. La carga no debe sobresalir y debe cubrirse con lona impermeable. Se debe descargar durante el día, evitando tormentas, y prohibiendo actividades en un radio de 50m. (pacherre, 2021, p. 6)

El transporte de explosivos a los frentes de trabajo en pequeña minería se realiza generalmente de forma manual. Para garantizar la seguridad durante esta operación:

- ✓ No transportar detonadores y altos explosivos juntos.
- ✓ Transportar explosivos solo con ese fin, sin otros materiales.
- ✓ Prohibir fumar durante el transporte de explosivos.
- ✓ Usar mochilas diseñadas para el transporte de explosivos.
- ✓ Transportar solo la cantidad necesaria para la tronadura, no más de 25 kg por persona.
- ✓ Se recomienda realizar el transporte de explosivos en forma manual.
- ✓ Es fundamental que el personal a cargo esté capacitado y siga las medidas de seguridad.

- **Almacenamiento de explosivos**

“Los polvorines son recintos donde se almacenan explosivos y sus accesorios bajo estrictas normas de seguridad, donde se le puede poner en práctica el más adecuado que requiera la minería”. (ENAMI, 2010, p. 7) Se clasifican en cuatro tipos:

Polvorines de Superficie: “Se construyen sobre el nivel del terreno, su capacidad varía según las necesidades del usuario”. (ENAMI, 2010, p. 7)

Polvorines Subterráneos: “Se ubican en galerías o túneles dentro de minas, se usan para almacenamiento temporal de explosivos”. (ENAMI, 2010, p. 8)

Polvorines Enterrados: “Se instalan en socavones o galerías sin conexión a otras labores mineras activas, pueden ser bóvedas recubiertas de tierra con techumbre resistente”. (ENAMI, 2010, p. 10)

Polvorines Móviles: “Son aquellos que pueden ser trasladados de un lugar a otro sobre vehículos de transporte”. (ENAMI, 2010, p. 11)

- **Método IPER**

La metodología IPER se basa en una matriz que ayuda a identificar y evaluar los peligros y riesgos en el trabajo. Se listan las actividades, se identifican los peligros y riesgos, se evalúa la probabilidad y gravedad de un accidente o enfermedad, y se establecen medidas de control para prevenirlos. Es una herramienta útil para mejorar la seguridad y salud laboral en las empresas. (zyght, 2023). Componentes clave para metodología IPER:

Identificación de peligros: La metodología IPER busca identificar todos los peligros en el trabajo que puedan causar accidentes o enfermedades laborales. Estos peligros pueden ser físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, entre otros. La evaluación debe ser completa y considerar el tipo de trabajo que se realiza. En otras palabras, el objetivo es encontrar todo lo que pueda causar daño a los trabajadores y evaluarlo cuidadosamente según el tipo de actividad.

Evaluación de riesgos: La evaluación de riesgos es crucial para determinar la gravedad del daño potencial que causan los peligros identificados. Se considera tanto la probabilidad de un accidente como las consecuencias que este podría tener. Para realizarla correctamente, se requiere un equipo de expertos en la materia que conozcan a fondo los peligros y las medidas preventivas disponibles. Además, la evaluación debe ser periódica para adaptarse a los cambios en el entorno y garantizar la seguridad continua de los trabajadores. (zyght, 2023)

Control de riesgos: Este componente busca implementar medidas preventivas para controlar el riesgo y evitar que se produzcan accidentes laborales o enfermedades profesionales. Las medidas preventivas pueden ser de diferentes tipos, como técnicas, organizativas o personales. Por lo tanto, es necesario evaluar cuál es la medida más adecuada para cada peligro identificado. Además, es importante que las medidas preventivas sean comunicadas claramente a todos los trabajadores, para que estén informados y puedan colaborar en la prevención de accidentes laborales. (zyght, 2023)

Monitoreo y revisión: En esta fase se verifica la efectividad de las medidas preventivas implementadas y se realizan ajustes y mejoras necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. El monitoreo y revisión debe ser realizado de manera constante, ya que es necesario evaluar si las medidas preventivas están funcionando correctamente y si es necesario implementar nuevas medidas preventivas. Además, es importante que los trabajadores estén involucrados en el monitoreo y revisión, ya que ellos son los que están en contacto directo con los peligros y pueden aportar información valiosa para mejorar la seguridad y salud en el lugar de trabajo. (zyght, 2023)

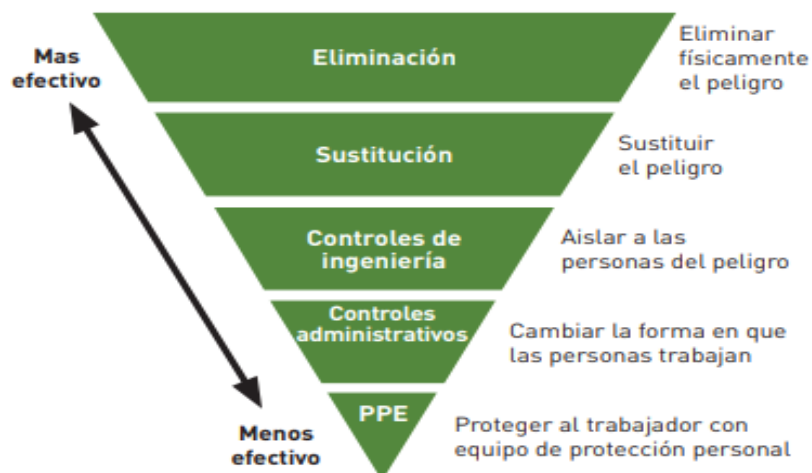
- **Medidas de control**

Una medida de control se define como una acción o actividad que es esencial para prevenir un peligro significativo o reducirlo a un nivel aceptable. Para esta selección, las medidas deben evaluarse respecto a su eficacia frente a los peligros identificados.

Jerarquía de controles: La jerarquía de controles de riesgos en ISO 45001 busca organizar las acciones para combatir las amenazas en el trabajo. Se basa en la eficacia de las medidas, su origen, practicidad y costo. Su objetivo principal es crear un sistema de gestión de riesgos que priorice la seguridad y salud de los trabajadores. (GUIA ISO 45001, 2022)

Figura 2

Jerarquía de controles



Nota: Es una guía para seleccionar las medidas de control más efectivas para reducir o eliminar peligros en lugar de trabajo. Adaptada de serie para líderes (p.1), (SAIF, 2023).

2.1.2. Marco conceptual

Explosivos: “Es toda sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc. ;) se transforma violentamente en gases, liberando calor, presión o radiación, en un tiempo muy breve”. (GSeguía, 2019, p. 1)

Voladura: Se entiende por voladura la disposición de un grupo de barrenos, en los que se ha colocado una cierta carga de explosivo y se inicia con una secuencia tal que se consiguen los resultados de fragmentación y desplazamiento deseados, sin afectar a elementos ajenos a la misma. (Rojas, 2021, p. 2)

Polvorín o Almacén de Explosivos: “Es aquella infraestructura designada por la Unidad Minera o Proyecto que cumple con los requerimientos legales y parámetros técnicos aprobados, para almacenar explosivos o accesorios de voladura de forma segura”. (Rojas, 2021, p. 2)

Dinamita: “La dinamita es un explosivo compuesto por nitroglicerina absorbida en un material sólido, como la tierra de diatomeas. Es un material peligroso que debe ser manipulado con cuidado por personal calificado”. (jose, Jorge, & Juan, 2013, p. 98)

Anfo: “Compuestos por sustancias combustibles (gasóleo) y oxidantes (nitrato amónico). Su aspecto es granular. Su resistencia al agua es nula. No se deben utilizar en barrenos con agua. Se emplea en voladuras de rocas blandas. Nogalita, Anfo” (pacco & carlos, 2021, p. 52).

Cebos o prima: Son conjuntos formados por un cartucho de dinamita, de emulsión o de hidrogel sensible al fulminante, al que se le ha insertado un fulminante, a un extremo de cordón detonante y que se utilizan para activar e iniciar la detonación de la carga explosiva principal en un taladro de voladura. (pacco & carlos, 2021, p. 31)

Barreno o taladro: “Hueco cilíndrico practicado en la roca para alojar explosivo” (pacco & carlos, 2021, p. 46)

Mecha lenta: es un elemento fundamental en la iniciación de explosiones controladas, especialmente en voladuras de pequeña escala como la minería artesanal o la demolición de estructuras.

Zona de carguío de taladros: “Se denomina así a la zona o lugar en donde se realiza el llenado o carguío de taladros con explosivos, para proceder con la voladura. Esta área debe ser demarcada con conos u otros medios visibles”. (Rojas, 2021, p. 2)

Riesgo: El riesgo es la **incertidumbre** de que un **peligro** cause **daño** a los trabajadores. La norma ISO 45001 exige a las empresas que gestionen los riesgos para prevenir accidentes y enfermedades laborales, y mejorar el bienestar de sus trabajadores.

Peligro: según la noema ISO 45001 “Un peligro es una fuente, situación o acto con potencial para causar daño humano, deterioro de la salud, daños físicos o una combinación de estos.”

EPP básico: “Casco, lentes y zapatos de seguridad”. (Rojas, 2021, p. 13)

EPP adicional: “Guantes de seguridad, barbiquejo, protector”. (Rojas, 2021, p. 13)

2.1.3. Marco contextual

La cooperativa minera "San Pedro de Puca Cancha" R.L. está legalmente constituida mediante su Personería Jurídica N° PJ 008/2016 emitida por la Autoridad de Fiscalización y Control de Cooperativas AFSCOOP, la cooperativa cuenta con 25 asociados (as) en el Registro Estatal de Cooperativas y en cumplimiento con lo establecido en el Condigo Tributario Nacional.

Se dedica a la explotación mineral de zinc, se realiza mediante labores subterráneas como piques, rajos, galerías, corridas y otros necesarios, Las actividades que realizan en la explotación del área minera son los siguientes procesos, Perforación, Manejo, Carguío de explosivos de voladura, Ventilación, Extracción, Disposición temporal, Selección de la carga, Carguío y despacho del mineral. Las personas que trabajan son 6 son los cuales **un perforista, dos ayudantes 2 carreros y una cocinera.**

Trasporte en vehículo Y carguío de explosivos: Se transportan explosivos en un vehículo en cajas inadecuadas, durante 5 horas de viaje hasta llegar su destino, los explosivos se almacenan en una casa antigua que se encuentra a 100 metros de la mina, que también no estaría cumpliendo con las normas de seguridad. Los explosivos Cebos y ANFO se transportan en bolsas de yute o tacos de goma y baldes que so son los adecuados.

Preparación de explosivos: El preparado de cebos se realiza de forma manual, donde se cortan guías, se unen fulminantes, se perforan cebos y se elaboran tacos, sin usar EPP (guantes) el lugar donde se prepara no cumple con las condiciones de seguridad y la carga explosiva se introduce manualmente, dificultando la precisión y uniformidad que provocarían chispas y hay alta rotación de personal con falta de conocimiento en manejo de explosivos.

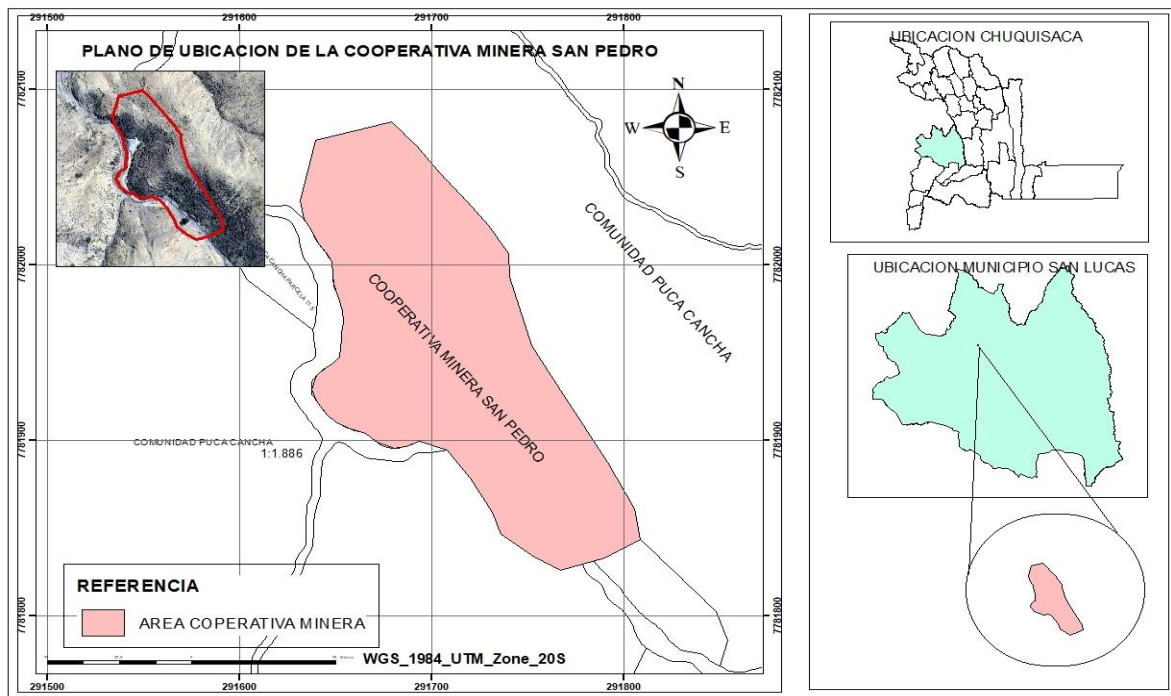
Encendido de explosivos: Se encienden uno por uno por guías, exponiendo a los trabajadores a riesgos innecesarios, el encendido lo realizan dos trabajadores, el perforista y el ayudante, solo se tienen 3 minutos para salir de la zona de voladura tras el encendido, tiempo insuficiente para

garantizar la seguridad. **Después de la voladura** Se espera que el polvo y los gases se disipen naturalmente antes de la extracción del mineral, este proceso se repite dos veces al día, por la mañana y por la tarde.

Está ubicada en municipio San Lucas provincia Nor Cinti del departamento de Chuquisaca.

Figura 3

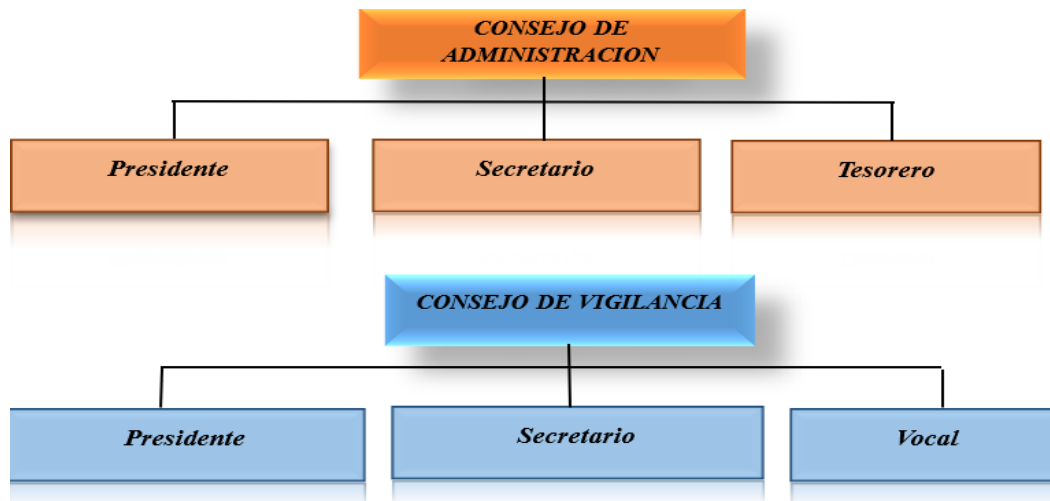
Ubicación de la cooperativa



Nota: Ubicación más detallada de la cooperativa minera san pedro de puca cancha.

Fuente: elaboración propia.

Figura 4: organigrama de la cooperativa minera



Nota: Toda la cooperativa está conformado por consejo de admiración y vigilancia

Fuente: Elaboración propia

2.2. INFORMACIÓN Y DATOS CONTENIDOS

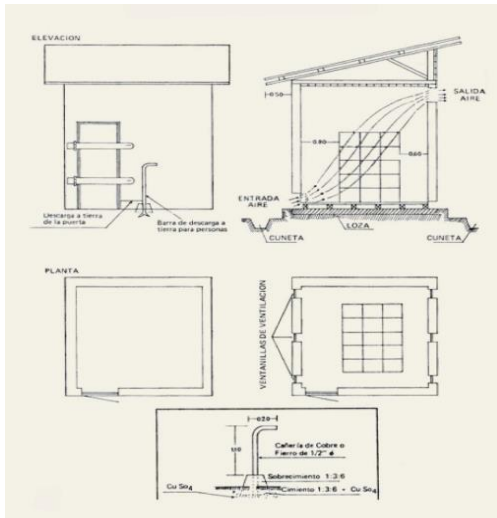
2.2.1. Métodos y Técnicas para Manejo seguro de Explosivos de Voladuras.

Componentes principales de los explosivos: Los explosivos de uso industrial empleados en voladura de rocas actúan con base en una reacción físico-química de combustión muy rápida que comprende a tres elementos: oxidante, combustible y sensibilizador. El oxidante proporciona oxígeno al combustible para arder y generar humo, vapor de agua, cenizas y calor en forma convencional y es el sensibilizador el que en cierta forma actúa como un incentivador para acelerar la reacción al nivel de explosión, incrementando enormemente la temperatura con lo que los humos y gases sobrecalentados tienden a expandirse casi instantáneamente para producir los efectos de trituración y desplazamiento de la roca. **(Anexo 1)**

Al Almacenar los Explosivos: Los polvorines los explosivos y sus accesorios se almacenan bajo estrictas normas de seguridad y reglamentarias en lugares físicos denominados polvorines, recintos que deben ser autorizados por las autoridades competentes. **(Anexo 2)**

En las pequeñas minerías se permiten polvorines de superficie y móviles que deberían tener las siguientes condiciones:

Figura 5: Polvorín de superficie

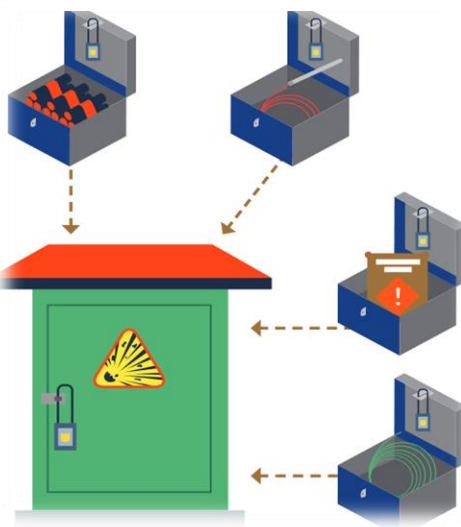


Polvorines de Superficie: Son los construidos sobre el nivel del terreno, y sus capacidades varían de acuerdo a las características del almacén de explosivos y necesidades del usuario.

Polvorines Móviles: Son aquellos que pueden ser trasladados de un lugar a otro sobre vehículo de transporte. En la pequeña minería se permite también polvorines de superficie móviles, compuestos por dos cajas que deberán tener las siguientes características

Nota: Adaptada de (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013, p.7)

Figura 6: Polvorín móviles.



Nota: Adaptado seguridad manejo de explosivos (p.8), (pacherre, 2021)

Mantenimientos de los polvorines.

Los alrededores del polvorín deberán permanecer libres de materiales combustibles en un radio no inferior a 50 metros.

Se inspeccionarán periódicamente los extintores ubicados en la parte exterior del polvorín, para mantenerlos en óptimas condiciones. Lo mismo para baldes de arena o pulverizadores de agua.

Se evitará desparramar explosivos en el polvorín. éstos deberán mantenerse perfectamente aseados.

Todo envase desocupado deberá sacarse de inmediato del polvorín.

Al transportar los explosivos en vehículos: **Figura 7:** *Vehículos para transportar explosivos*

Las pequeñas mineras pueden transportar los explosivos de forma ambulante, una caja de explosivos debidamente cerrada resistente a la deformación indicado el tipo de explosivo y su peso neto. El vehículo que transporte explosivos en la minería, Deberá cumplir con los siguientes requisitos. **(Anexo 3)**

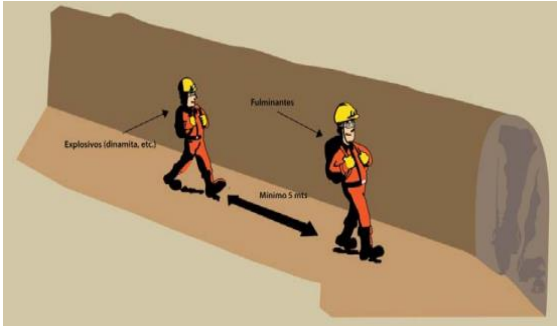


Nota: Adaptado seguridad manejo de explosivos (p.7), (pacherre, 2021)

- Nunca transportar los explosivos en cualquier equipo o vehículo. La velocidad no será mayor de 10 km/h, evitando golpes y sacudida.
- Estar en óptimas condiciones mecánicas y eléctricas, con la carrocería firmemente unida al chasis y su interior recubierto con goma o madera, de tal modo que no produzca chispas y provista de barandas suficientemente altas para evitar caídas accidentales. En caso contrario se usará cajones de madera confeccionados especialmente para estos fines, previamente autorizados por el Servicio.
- Llevar en los vehículos que transportan explosivos, dos extintores contra incendio de polvo químico seco (PQS) multipropósito en lugares apropiados y de fácil acceso debiendo obligatoriamente el chofer, ayudante y custodios conocer su correcto uso.
- Los explosivos deberán transportarse en sus envases originales de fábrica, y los detonantes u otro tipo de iniciadores jamás deberán ser transportados junto a otro explosivo
- El vehículo cargado con explosivo no podrá transportar ningún otro material o herramienta.
- Efectuar operaciones de carga y descarga de explosivos durante las horas del día y nunca cuando haya tormentas eléctricas, y deberá estar apagado el motor del vehículo.
- Esta estrictamente prohibido transportar personal en el vehículo junto con los explosivos.

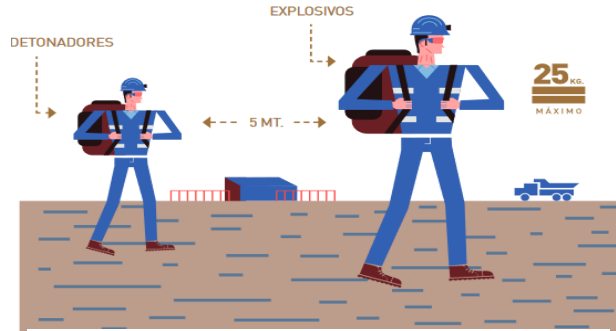
Trasporte y Carguío de Explosivos al frente de trabajo: Lo habitual en las pequeñas minerías el transporte de explosivos se realiza de forma manual:

Figura 9: *Trasporte a la boca mina*



Nota: Adaptada de (*Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013, p.15*)

Figura 8: *Trasporte de explosivos*



Nota: Adaptado seguridad manejo de explosivos (p.16), (*pacherre, 2021*)

- Nunca transportar detonadores junto con altos explosivos. Respetar las distancias mínimas de 5 m de trabajador a trabajador. Utilizar mochilas de cajas diseñadas para el traslado de explosivos. Trasladar máximo 25 kg por persona
- Cuando se deja los explosivos, dejarlos colgados o en los cajones, separados y en sus respectivas mochilas; manteniendo siempre la distancia mínima de separación de 2 m entre accesorios y dinamita. Nunca debes dejarlos juntos, tampoco botados en el piso.
- Está estrictamente prohibido fumar cuando se transporta explosivos.

Al realizar la Voladura.

- Aislar convenientemente el área a tronar, desde el momento en que se inicien los preparativos de carguío, colocando las señalizaciones de advertencia que corresponda y suspendiendo toda actividad ajena en el sector comprometido.
- Sólo permitir en el área aislada al personal autorizado e involucrado en la manipulación del explosivo.

Carguío de la frente usando mechas de seguridad o guías lentas.

- Llevar los explosivos y accesorios a la frente. Colocar loros metálicos no pasar explosivos impidiendo el paso de otras personas a al frete a cargar.
- Cebear las cargas disparo, las guías deben quedar según los reglamentos a lo menos 0.75 cm a fuera de la boca del tiro.
- Teniendo aislado, evacuado, una vez recibida la orden del supervisor para quemar, inicie el encendido junto a su ayudante. Importante a considerar desde que se enciende la primera guía de las rainuras se debe tener presente que la llama avanza 140 segundos, es decir 2 minutos con 20 segundos, por cada metro de la guía.

Figura 10: Encendido de mechas



Nota: Adaptada de (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

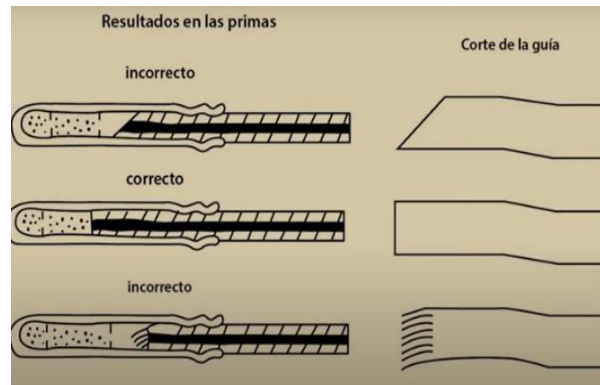
Preparado de mecha de seguridad.

Figura 11: Corte de mecha



Nota: Adaptada de (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

Figura 12: Ensamblado de fulminante



Nota: Adaptado (Manual practico de voladura EXSA, 2019,p.136)

- Debe existir el lugar adecuado para este trabajo llamado bodega más que todo en las minas artesanales donde se encuentran una mesa donde se instala la Máquina Fijadora de Fulminante y Conector para Mecha Rápida donde tiene dos funciones de donde por otro extremo se inserta los fulminantes o detonadores y por el otro extremo la mecha

lenta, luego se tiene la mecha ensamblada listo para el ensebado. Cortar las guías en una longitud equivalente al largo de los tiros más 0,75 [m] como mínimo, cerciorándose que el extremo esté seco y el corte debe ser perpendicular.

Para la preparación del ensebado o prima.

Figura 14: Cebo preparado



Nota: Adaptado (Manual practico de voladura EXSA, 2019,p.136)

Figura 13: Perforado y unión de fulminante



Nota: Adaptada de (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

- El personal adecuado es la única persona autorizado para preparar y manipular las primas, deben ser preparados solo en el momento de ser usadas. No está permitido ablandar los cartuchos de dinamita (sobándolos) para introducir el detonador.
- Para preparar cebos debemos seguir el método sugerido EXSA explosivos para cartucho de dinamitas, emulsión o hidrogel sensible al fulminante al quien se ha insertado un fulminante, un detonador, o un extremo de cordón detonante y que se utilizan para activar e iniciar la detonación de carga explosiva principal en un taladro de voladura.
- Para la perforación del cartucho o cebo se debe emplearse un punzón de madera, plástico o bronce y luego se debe introducir fulminante o detonador al cebo o dinamita. El cebo preparado debe ser manejado con precaución no debe ser taconeado o atado al ser cargado en el taladro. **(Anexo 4)**

Carguío de tiros al taladro y Taqueado.

Figura 16: Carguío a barreno



Nota: Adaptada de (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

Figura 15: Taqueo



Nota: Adaptada de (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

- Una vez teniendo la frente preparada para el carguío, llevar los explosivos y accesorios colocar a los metálicos.
- Antes de efectuar el carguío, los barrenos o taladros deberán ser soplados con aire comprimido para limpiarlos. Bajo ninguna circunstancia se deberá soplar y cargar en la misma frente simultáneamente.
- En el área de carguío no se podrán efectuar trabajos diferentes a dicha operación.
- La distancia donde debe estar el explosivo que se está cargando en la frente, no debe ser inferior a 8 metros del tiro más cercano.
- La longitud de la guía deberá ser de un largo tal que permita al cargador de tiro alcanzar una distancia segura en los momentos de efectuar la voladura.
- Luego se debe introducir los cebos al interior de perforación o taladro después se le introduce la columna de ANFO con la máquina que es la compresora que lo succiona.

Taqueo de tiros:

- Se prohíbe estrictamente taquear los cebos de voladura.
- Éstos deberán ser depositados suavemente en la perforación, y luego proceder a colocar la carga explosiva en el taladro.

- Para el taqueado de los taladros se debe usar arena, tierra, barro u otro mineral incombustible apropiado
- Para esta operación se debe usar elementos no metálicos como un colihue.
- No deberá introducirse piedras u objetos juntos con el material retacado.

Encendido de los tiros y/ o voladura del frente: Antes de efectuar el encendido de los tiros se considerar lo siguiente: **(Anexo 5)**

- Los explosivos excedentes deben encontrarse fuera del área y en un lugar seguro. Todas las personas deben estar a una distancia segura.
- Proteger todas las vías de acceso a la zona amagada con loros vivos (personas), perfectamente instruidos por el responsable u operador a cargo. En casos debidamente justificados, se podrán utilizar loros físicos como “tapados”, barreras o letreros prohibitivos.
- Antes de quemar, se deberá verificar que la salida esté expedita y/o exista un lugar seguro de resguardo.

Antes del tiro:

- Se debe contar como mínimo con dos personas, cualquiera sea la cantidad de tiros.
- Las voladuras deben ser avisadas por medios específicos, que alerten a los trabajadores tanto la iniciación de los tiros como la cesación del peligro.

Posterior a la voladura:

- Los loros físicos y/o humanos serán retirados por la misma persona que los colocó.
- El ingreso del personal a las frentes o rajos debe realizarse, al menos, 30 minutos después de la voladura.
- El responsable de la voladura debe revisar la frente volada para verificar la presencia de tiros quedados.

Precauciones después de la voladura:

- esperar un tiempo prudencial desde el ultima voladura.
- Al ingresar se debe tener presente la presencia de gases, restos de explosivos, desprendimientos de rocas y otros

Eliminación de tiros quedados:

- El responsable de la Faena o persona a cargo de la voladura que detecte un tiro quedado, procederá a detener toda actividad en el lugar, dar aviso a los otros trabajadores y resguardar el área.
- El tiro quedado debe ser eliminado en el turno que se detecte. Si por alguna razón no es posible hacerlo, la persona encargada de la voladura debe permanecer en el lugar para informar personalmente al otro turno.
- En los tiros quedados, cargados con mezclas explosivas a base de nitratos (Anfo, Sanfo), se sacará el taco y a continuación se anegará con agua, se colocará un cebo y se tronará. Cuando se trate de tiros quedados cargados con explosivos que no sean en base a nitratos, se debe sacar el taco, dejar el explosivo a la vista, colocar un cebo y luego tronar.
- El cartucho del cebo para iniciar un tiro quedado debe ser de igual o de mayor potencia que el utilizado en el cebo original.
- Los restos de explosivos que se encuentran en la marina después de una voladura, se deberán recoger y proceder a su eliminación (quemándolo)

2.2.2 Diagnostico actual de Manejo de Explosivos de Voladura de la Cooperativa minera.

A continuación, se presenta una descripción de todos los procesos desarrollados en la cooperativa minera **San Pedro de Puca Cancha**. Las actividades a realizarse en la explotación del área minera tienen los siguientes procesos (sistema de corrida y cuadro).

- **Perforación:** Se realizan orificios o barrenos en la roca utilizando perforadoras de aire comprimido. Estos barrenos serán posteriormente cargados con explosivos para fragmentar la roca.

- **Manejo y carga de explosivos y voladura:** Se introducen los explosivos en los barrenos preparados previamente. Se detonan los explosivos para fragmentar la roca y avanzar en la excavación.
- **Ventilación:** Tras la voladura, se ventila el área de trabajo para eliminar los gases generados por la explosión. Este proceso se realiza de forma natural a través del acceso principal.
- **Extracción:** Se retira el material fragmentado de la zona de trabajo. El material se transporta mediante guinche y carretilla hasta un punto de acopio o carga.
- **Disposición temporal:** El material extraído se traslada y acopla temporalmente en un área denominada "cancha mina".
- **Selección de la carga:** Dado que el material extraído es una mezcla de roca estéril y mineral de interés, se realiza una selección manual (k'ajcheo o palleo) para separar el mineral.
- **Carguío y despacho del mineral:** El traslado de la carga se la realizara mediante volquetas a las plantas de tratamiento en la ciudad de Potosí.

En la área o proceso que se realizara el diagnóstico es en manejo y carguío de explosivos de voladura:

Figura 17: *Cooperativa San Pedro de Puca Cancha.*



Nota: Boca mina de la cooperativa san pedro. Fuente: Elaboración propia

Los explosivos que utiliza la minería son (ANFO, fulminante, deobo explosivo y Dinamita)

Transporte de explosivos: Transporte en el vehículo, la cooperativa minera transporta explosivos de forma ambulante, compran dos bolsas de ANFO de 25 kg, una caja de fulminantes de 100 unidades, dos rollos de mecha de seguridad de 100 metros y 25 unidades de masa explosiva por semana, el costo total de los explosivos es de 900bs. El transporte se realiza en un vehículo normal durante aproximadamente 5 horas hasta llegar a su destino, los explosivos se cargan directamente en sus cajas y en una bolsa de yute, No se dispone de una caja de madera exclusiva para los explosivos.

Almacenes de los explosivos: La cooperativa minera no dispone de un polvorín, que es un almacén seguro y diseñado específicamente para almacenar explosivos. En su lugar guardan los explosivos en una casa antigua que está ubicado a 100 m de la boca minina donde la ubicación y las condiciones de la casa no cumplen con las normas de seguridad para el almacenamiento de explosivos.

Al trasportar los explosivos a la boca mina: Durante el transporte de explosivos a la boca mina, se observa practicas inadecuadas que pone en riesgo la seguridad en los trabajadores y personas que se encuentren en la zona, los explosivos se trasportan solo la cantidad necesaria o mínima para lo voladura, y se transporta en bolsas de yute o baldes que no son los recipientes adecuados para este tipo de material.

Al preparar los cebos explosivos para la voladura: La cooperativa minera realiza la preparación de cebos explosivos de forma completamente manual, lo que genera diversos riesgos para la seguridad de los trabajadores.

Corte de la guía Se utiliza un alicate o un cuchillo para cortar la guía de seguridad, que tiene una longitud de 1 metro y 20 centímetros. La guía tiene una duración de tres minutos después del encendido. **Unión del fulminante** se une el fulminante a la guía de seguridad y se sella la unión con un alicate. **Corte del cebo.** se corta el cebo en cuatro unidades, por ahorrar los explosivos, porque lo correcto se divide máximo en dos unidades. **Perforación del cebo** se utiliza un punzón para perforar el cebo e introducir el ensamblaje de la guía y el fulminante y se

tiene la preparación completa del cebo explosivo. **Elaboración de los tacos** se elabora en forma de cebo de tierra fina que sirve para el taqueo sello de barreno o taladro. **El lugar donde se realiza la preparación** no cumple con las condiciones de seguridad adecuadas como se ve en la imagen. **El personal de trabajo** alta rotación del personal nuevo es un riesgo por falta de conocimiento al manejo de explosivos.

Trasporte y carguío de explosivos en los barrenos para la voladura: Los cebos preparados (explosivos) y el ANFO, se le trasporta en bolsa de yute y baldes, lo cual no es adecuado para ese tipo de materiales. La carga explosiva se introduce en los barrenos o taladros de forma manual, lo que dificulta la precisión y la uniformidad en la distribución del material, luego se lo introduce el anfo con el aire de la compresora las medidas indicadas. Luego se introducen los tacos que fueron realizados por los trabajadores de arena fina para el taqueo o sellar el barreno. Para la **operación del taqueo** se utiliza un barreno metálico, lo cual está prohibido debido al riesgo de generar chispas que podrían provocar una explosión prematura.

Encendido de explosivos: El encendido de los tiros se realiza uno **por uno por** guías por taladro que son entre 13 a 20, lo que exponiendo a los trabajadores a un riesgo innecesario al permanecer en la zona de voladura durante un tiempo prolongado. El encendido lo realizan dos trabajadores, el perforista y el ayudante. Solo se tienen tres minutos para salir de la zona de voladura después del encendido, lo cual es un tiempo insuficiente para garantizar la seguridad de los trabajadores en caso de cualquier imprevisto.

Después de la voladura: Los trabajadores proceden a contar los tiros para asegurarse de que todos hayan explotado esperan un tiempo para que el polvo y los gases se disipen de forma natural, una vez que la zona está segura, se procede a la extracción del mineral, este proceso se repite dos veces al día, por la mañana y por la tarde.

- Mapeo fotografías en el proceso de manejo de explosivos voladuras

Figura 18: Almacén actual de la empresa



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa.
Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Explosivos que utiliza



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa.
Fuente: Elaboración propia

- La cooperativa minera no dispone de un polvorín adecuado para el almacenamiento de explosivos, como se observa en la imagen, la estructura utiliza una casa pequeña, no reúne las condiciones de seguridad necesarias.
- Los explosivos que utilizan son ANFO, fulminante, masa explosiva, guía no se transporta adecuadamente donde debería tener contenedores o cajas exclusivamente para explosivos

Figura 21: Preparación del cebo



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa.
Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Lugar para preparar cebo



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa.
Fuente: Elaboración propia

- Como se ve en la imagen donde se prepara el cebo para la voladura que no es lo adecuado porque es un lugar cerrado y es el vestidor que lo utilizan para varias funciones que puede provocar varios riesgos.
- También se le puede ver que no están usando el EPP para manipular los explosivos el contacto con la piel en pequeñas cantidades, puede causar quemaduras graves en la piel.

Figura 23: Mesa donde se prepara cebo



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa.
Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Observación de preparado de cebo



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa.
Fuente: Elaboración propia

- También se le puede observar donde se prepara explosivos de voladura que hay peligros de electricidad que esta generados por los motores, que este contacto con explosivos donde presenta un riesgo muy grave, explosiones, incendios, lesiones severas.
- Hay una desorganización falta de orden donde en la mesa solo debe ser exclusivamente para explosivos.

Figura 25: Cortado de la guía



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa.
Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Perforado de cebo



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa. Fuente:
Elaboración propia

- También se le observa que realizan los cortados de cebo con cuchillos, la guía con alicates y para el ensamblaje de la misma manera alicates y un clavo para perforar el cebo. corre el riesgo de no detonar el explosivo que sería una pérdida.

Figura 26: Transporte de explosivos preparados



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa. Fuente: Elaboración propia

- Los transportes de cebos ya preparados los transportan en bolsas de yute o tacos de gomas que no es lo adecuado porque lo permiten la entrada de aire, polvo u otros contaminantes al cebo porque no son herméticos, y no es la forma de transportar explosivos esto puede provocar un riesgo alto.

Figura 27: Área de trabajo de la minería



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa. Fuente: Elaboración propia

- Se le puede observar la desorganización que puede ocasionar caídas al manipular los materiales. También Se observa que la presencia de combustible inflamable que puede ocasionar una explosión.

Las entrevistas que se realizó, todo detallado. (Anexo 6)

Durante la entrevista con los responsables mineros, se reveló que hay cinco trabajadores en total, con distintas funciones. Utilizan una variedad de explosivos como ANFO, fulminante, cebos y guías. En cuanto a experiencia, el encargado tiene 2 años y medio, el ayudante 2 años, y el presidente de la cooperativa, 10 años. A pesar de tener conocimientos sobre los riesgos, ninguno recibió capacitación formal en explosivos. Uno de los entrevistados sufrió quemaduras en las manos debido a la falta de guantes al manipular guías. La seguridad es un problema, ya que la ropa de protección se proporciona de manera limitada y el botiquín de primeros auxilios ha desaparecido. El proceso actual implica el transporte manual de explosivos en bolsas de yute y botas de goma, así como la preparación manual de los explosivos (sebos), su almacenamiento durante la semana en el lugar de trabajo y los fines de semana en una casa cercana. Las voladuras se realizan dos veces al día, con un máximo de 15 barrenos y un mínimo de 10, dependiendo de la situación. Tras la voladura, queda explosivo residual que se recoge y traslada al basurero. La ventilación natural después de la voladura lleva aproximadamente 4 horas. Para evitar problemas con agua en los barrenos, utilizan tubos sellados para introducir los explosivos.

2.2.3. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Método IPER

Se realizó por la tabla de INST instituto nacional de seguridad de higiene en el trabajo (anexo 7)

Figura 28: Niveles de riesgo

		Niveles de riesgo		
		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Nota: Adaptado de instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo INST

Tabla 3: Valoración de riesgos

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones. Mas rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficiencia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No se debe comenzarse el trabajo hasta que haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo.

Nota: Adaptado de instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo INST

Tabla 4: Matriz IPER de manejo de explosivos

TAREA	PELIGRO	RIESGO	LESIONES O DETERIOROS DE LA SALUD	EVALUACION DE RIESGOS			MEDIDAS DE CONTROL	JERARQUIA DE CONTROL
				PRB. (P)	CONS. (C)	(P*C)		
Almacenamiento de los explosivos	Explosivos (ANFO, fulminante, cebos, guía)	Daños a la propiedad y Lesiones y muerte explosiones	Heridas, quemaduras, lesiones auditivas, destrucción del almacén	Media (M)	Daño (D)	Riesgo moderado (MO)	Construcción de un polvorín que cumpla todas las normas de seguridad aplicables. Equipo de protección personal adecuados como gafas, guantes, cuando manipulen los explosivos.	Controles de ingeniería EPP
Trasporte en vehículo. (explosivos)	Vehículo. Contenedores inadecuado (cajas de cartón o yute)	Accidentes. Incendio o explosiones. Fallas mecánicas	Lesiones graves o muerte.	Baja (B)	Daño (D)	Riesgo Tolerable (TO)	Exigir a los vendedores ambulantes de explosivos la utilización de contenedores y cajas selladas y resistentes para el transporte de explosivos. Comprar bolsas o mochilas especiales para el transporte de explosivos.	Controles de ingeniería
Manipulación de explosivos y preparación de cebos.	Manipulación de fulminante. Cebos o guía No usar el EPP. Explosivos. Herramientas.	Explosiones accidentales o prematuras, Inhalación de polvos (tóxicos) Incendios, Fallas de iniciación.	Quemaduras, corte de mano, Irritación de la piel, enfermedades respiratorias al inhalar polvos tóxicos Lesiones por explosiones prematuras.	Media (M)	Daño (D)	Riesgo Moderado (M)	Capacitar A los trabajadores sobre el manejo de explosivos. Implementar herramientas y maquinas adecuadas. Proporcionar a los trabajadores EPP, adecuados, guantes resistentes a cortes, tapa bocas. Uso obligatorio de EPP.	Administrativo. Controles de ingeniería. EPP.

Trasporte de explosivos preparados a la boca mina.	Explosivos preparados en bolsas de yute o goma.	Explosiones prematuras, Fricción contra objetos o caída de bolsas. Manipulación inadecuado, incendio,	Quemaduras, irritación de la piel.	Media (M)	Dañino (D)	Riesgo moderado (MO)	Las bolsas de yute o goma se deben sustituir con los contenedores resistentes y certificados como cajas de metal, madera contenedores de plástico reforzado que son exclusivamente para explosivos de voladura.	Sustitución
Carguío explosivos taladros barrenos	Cebos. Guías. Herramientas. Maquinaria, (compresora). Explosivos (ANFO).	Explosiones accidentales. Errores humanos. Chispas al taqueo con la herramienta.	Quemaduras, enfermedades respiratorias, fracturas, Lesiones, muerte.	Media (M)	Extremadamente dañino (ED)	Riesgo importante (I)	Desarrollar e implementar procedimientos de trabajo seguro y detallado para la carga manual de explosivos. Uso obligatorio de EPP	Controles de ingeniería. EPP
Incendio de tiros	Explosivos. mal uso de EPP	errores humanos inhalación de humas. Atrapamiento del personal	lesiones graves y muertes, quemaduras de manos.	Media (M)	Extremadamente dañino	Riesgo importante (I)	Implementar métodos y técnicas seguros para el encendido de tiros. Uso obligatorio de EPP.	Controles de ingeniería. EPP
Después de la voladura	Mal uso de EPP, derrumbe	Caída de rocas o mineral inhalación de polvos tóxicos	Lesiones, fracturas, aplastamiento, Enfermedades respiratorias.	Bajo (B)	Extremadamente dañino (ED)	Riesgo moderado (MO)	Asegurar una supervisión adecuada durante el ingreso en la zona de voladura solo el personal autorizado está permitido a ingresar. Uso obligatorio de uso de EPP (casco botas de seguridad)	Controles de ingeniería. EPP

Nota: Desarrollado según INST. Fuente: Elaboración propia

2.3. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Almacenamiento de explosivos: El análisis revela un riesgo moderado con un potencial alto de accidentes asociados al almacenamiento de explosivos. Por medio de la entrevista no se ha registrado accidentes hasta la fecha en la empresa, se observó que el almacén no cumple con las normas de seguridad, lo que aumenta significativamente el riesgo. Además, la conciencia de accidentes fatales en otras empresas debido a malas prácticas de almacenamiento refuerza la necesidad de tomar medidas urgentes. Se destaca la importancia de abordar las condiciones inadecuadas del almacén y de implementar medidas correctivas para mejorar la seguridad en el almacenamiento de explosivos.

Trasporte de explosivos en los vehículos: El transporte de explosivos en la empresa presenta un riesgo tolerable, pero con un alto potencial de consecuencias graves. Si bien no se han registrado accidentes relaciona al trasporte de explosivos en vehículo, la práctica de transportar explosivos en cualquier tipo de vehículo de forma ambulante sin las medidas de seguridad adecuadas expone a la empresa a un riesgo inaceptable. En las entrevistas que se realizó a los trabajadores confirman esta situación y con el conocimiento de accidentes fatales en otras empresas por malas prácticas de transporte refuerza la necesidad de tomar medidas urgentes y adecuadas para la empresa.

Manipulación de explosivos y preparado de cebos: La manipulación de explosivos y la preparación de cebos en la empresa presenta un riesgo importante que requiere atención inmediata. Si bien no se han registrado accidentes fatales en la empresa, la combinación de prácticas inseguras y condiciones inadecuadas del lugar de trabajo expone a los trabajadores a un alto riesgo de lesiones graves.

Las entrevistas que se realizó a los trabajadores revelaron que ocurrieron accidentes como cortes con cuchillos las manos durante la manipulación y preparación de explosivos. Además, se observó que la preparación de cebos se realiza en un área no adecuada que presenta riesgos adicionales, como la presencia de electricidad generada por motores, la utilización del mismo espacio como vestidor y almacén de materiales de la mina, y el uso de herramientas inadecuadas

que pueden generar chispas. La falta de uso de EPP (Equipo de Protección Personal) agrava aún más la situación. El conocimiento de accidentes fatales en otras empresas por malas prácticas en la manipulación de explosivos y la preparación de cebos refuerza la necesidad de tomar medidas urgentes para prevenir tragedias en la empresa. Se recomienda implementar medidas de control urgente para la empresa.

Trasporte de explosivos preparados a la boca de mina: El transporte de explosivos preparados (cebos) a la boca de mina presenta un riesgo moderado con un alto potencial de accidentes graves. No se han registrado accidentes en la empresa relacionado con el transporte, las prácticas actuales de transporte exponen a los trabajadores a un riesgo inaceptable.

Las entrevistas a los trabajadores confirmaron que no ha habido accidentes durante el transporte de cebos. Sin embargo, se observó en el material que se transportan los cebos son en bolsas de yute y tacos de goma, lo que no es adecuado y puede provocar caídas y golpes que podrían desencadenar una detonación fatal. Con el conocimiento de accidentes fatales en otras empresas por malas prácticas de transporte de explosivos preparados refuerza la necesidad de tomar medidas urgentes para prevenir accidentes en la empresa.

Carguío de explosivos y encendido de tiros: El carguío de explosivos y el encendido de tiros en la empresa presenta un riesgo importante que requiere atención inmediata. No se han registrado accidentes fatales en la empresa, las prácticas actuales exponen a los trabajadores a un alto riesgo de lesiones graves e incluso la muerte.

Las entrevistas que se realizaron a los trabajadores revelaron la realización manual del carguío de explosivos utilizando únicamente anfo y compresión de aire, lo que aumenta el riesgo de accidentes. Además, se observó que el taqueo se realiza directamente sobre el explosivo, lo que representa un riesgo fatal de detonación. El encendido de la mecha es uno por uno por guía también genera un riesgo de quemaduras en las manos donde nos indicaron que, si hubo accidentes de que se quemaron las manos, y tienen el tiempo limitado de tres minutos para evacuar después del encendido agrava aún más la situación. El conocimiento de accidentes

fatales en otras empresas por malas prácticas en el carguío de explosivos y el encendido de tiros refuerza la necesidad de tomar medidas urgentes para prevenir accidentes en la empresa.

Después de la voladura: Las actividades posteriores después de la voladura en la empresa presentan un riesgo moderado con potencial de accidentes graves. No se han registrado accidentes fatales, en la minería y las prácticas actuales exponen a los trabajadores a riesgos altas. Las entrevistas que se realizaron a los trabajadores revelaron que se espera un tiempo de 4 horas para la ventilación natural después de la voladura antes de ingresar al área. Sin embargo, se ha producido un accidente por caída de rocas sueltas o metal que lesionó la pierna de un trabajador. Además, se observó que no se toman precauciones para la recolección de tiros sin detonar, los cuales se retiran sin control y se llevan a la basura, lo que aumenta el riesgo de explosiones prematuras y derrumbes. El conocimiento de accidentes fatales en otras empresas por malas prácticas posteriores a la voladura refuerza la necesidad de tomar medidas urgentes para prevenir accidentes en la empresa.

3. CAPITULO III: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 RESULTADOS

- **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS SEGÚN CONTROLES DE INGENIERÍA.**

Polvorín movable

- ✓ **Selección del Sitio:** Se propone que la selección del sitio para el polvorín movable se realice escogiendo áreas seguras y alejadas de fuentes de calor, chispas o cualquier tipo de ignición. El Ingeniero de Seguridad deberá ser responsable de esta tarea, la cual incluirá un estudio detallado del área potencial, la verificación de la distancia mínima de seguridad respecto a fuentes de ignición, y la documentación del sitio seleccionado. Este proceso deberá llevarse a cabo durante la fase de planificación.
- ✓ **Preparación del terreno:** Para la preparación del terreno, se recomienda limpiar y nivelar el área para evitar accidentes y facilitar la manipulación de los explosivos. El

Equipo de Mantenimiento (los trabajadores) deberá realizar esta tarea inmediatamente después de la selección del sitio. Las actividades incluirán remover vegetación y escombros, nivelar el terreno con maquinaria adecuada, y verificar la nivelación y estabilidad del terreno.

- ✓ **Instalación de los Polvorines:** La instalación de los polvorines deberá utilizar contenedores adecuados y resistentes, preferiblemente metálicos, que puedan ser transportados fácilmente. El Personal de Logística será responsable (encargo) de esta tarea, que se realizará tras la preparación del terreno. Las actividades incluirán transportar los contenedores al sitio utilizando vehículos adecuados, colocarlos en la posición designada considerando la disposición del terreno y accesibilidad, y asegurarlos al suelo si es necesario.
- ✓ **Almacenamiento Seguro:** Para el almacenamiento seguro de explosivos, se recomienda que el personal autorizado y capacitado coloque los explosivos de manera ordenada y separada según su tipo, evitando mezclas accidentales. Deberán identificar y clasificar los explosivos, colocarlos en estantes designados, mantener espacios adecuados entre diferentes tipos, almacenar detonadores en compartimientos separados y señalar claramente cada área de almacenamiento con etiquetas indicando el tipo y cantidad de explosivos.
- ✓ **Registro y Control:** Se propone llevar un registro detallado de la cantidad de explosivos almacenados, así como de los movimientos de entrada y salida. El responsable de Inventario de Explosivos (encargado o supervisor) deberá realizar esta actividad de manera continua, Esto se realizará utilizando un sistema de registro manual o digital, anotando cada entrada y salida de explosivos con fecha y cantidad

Polvorines en Superficie

- ✓ **Diseño del Polvorín:** Para el diseño del polvorín en superficie, se propone construir estructuras seguras y resistentes, cumpliendo con las normativas locales y las buenas prácticas de seguridad. El Ingeniero de Construcción será responsable de esta tarea antes del inicio del almacenamiento de explosivos. Las actividades incluirán la elaboración de planos detallados del diseño del polvorín, obtener las aprobaciones necesarias por parte

de autoridades competentes, y supervisar la construcción para asegurar el cumplimiento de los planos y normativas vigentes.

- ✓ **Localización:** La localización del polvorín deberá estar en un lugar alejado de las áreas de trabajo y de las zonas habitadas. El Ingeniero de Seguridad deberá seleccionar el sitio durante la fase de planificación del diseño del polvorín. Las actividades incluirán realizar estudios de impacto y riesgo, considerar zonas de bajo riesgo de inundaciones y deslizamientos, facilitar el acceso para el transporte de explosivos, y obtener la aprobación de las autoridades competentes.
 - ✓ **División y Organización:** Se recomienda que el personal autorizado en manejo de explosivos separe los distintos tipos de explosivos y materiales auxiliares para evitar contaminaciones y facilitar su identificación. Las actividades incluirán clasificar los explosivos según su tipo, designar áreas específicas dentro del polvorín para cada material y colocar señalizaciones claras en cada área de almacenamiento.
 - ✓ **Control de Acceso:** Se propone restringir el acceso al polvorín solo al personal autorizado y capacitado mediante cerraduras y sistemas de seguridad adecuados. El Encargado de Seguridad será responsable de esta tarea, realizando revisiones periódicas del sistema de seguridad. Las actividades incluirán instalar cerraduras y sistemas de seguridad, y mantener una lista actualizada del personal autorizado para ingresar al polvorín.
 - ✓ **Mantenimiento Regular:** Para el mantenimiento regular, se recomienda que el Equipo de Mantenimiento inspeccione mensualmente las instalaciones y realice las labores necesarias. Esto incluirá programar inspecciones, registrar los resultados y planificar y ejecutar el mantenimiento preventivo y correctivo según las necesidades identificadas.
- **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS EN VEHÍCULOS, SEGÚN EN LOS CONTROLES DE INGENIERÍA.**

Adquisición de Explosivos y Preparación para el Transporte.

- ✓ Se propone que la empresa solicite al vendedor que entregue los explosivos en cajas bien embaladas y cerradas, adecuadas para el transporte seguro. Esta tarea será realizada por

el encargado de compras, será responsable de comunicarse con el proveedor autorizado, especificar los requisitos de embalaje y verificar el cumplimiento antes de realizar la compra. Este procedimiento deberá llevarse a cabo cada vez que se realice una adquisición de explosivos.

- ✓ Además, se sugiere que la empresa que adquiera mochilas especializadas para el transporte de explosivos en vehículos. Estas mochilas deberán estar fabricadas con materiales resistentes como lona o cuero, con compartimentos separados para diferentes tipos de explosivos. El responsable de Seguridad se encargará de identificar proveedores confiables y asegurar que las mochilas cumplan con los estándares de seguridad requeridos.

Carga de Explosivos en el Vehículo

- ✓ Una vez adquiridas las mochilas especializadas, el Personal Capacitado o encargado procederá a cargar los explosivos en las mochilas designadas. Se seguirán estrictamente las instrucciones de manipulación proporcionadas por el fabricante para garantizar la seguridad durante este proceso.
- ✓ Las mochilas se colocarán en el vehículo de manera ordenada y segura, distribuyendo el peso de manera uniforme para evitar desequilibrios durante el transporte. Se utilizarán sistemas de sujeción apropiados para asegurar las mochilas dentro del vehículo y prevenir movimientos no deseados.

Supervisión y Seguridad durante el Transporte

- ✓ Durante todo el trayecto del transporte, el conductor y el Personal de Seguridad mantendrán una vigilancia constante sobre los explosivos para garantizar su seguridad y la del vehículo. Se cumplirán todas las regulaciones y medidas de seguridad pertinentes durante el transporte.
- ✓ Se realizarán paradas periódicas para inspeccionar visualmente las mochilas y asegurarse de que estén correctamente aseguradas y en buen estado. Cualquier anomalía se registrará y abordará de manera adecuada.

Descarga de Explosivos al Llegar al Destino

- ✓ Al llegar al destino, el Equipo de Descarga Capacitado procederá a descargar los explosivos con cuidado, siguiendo los procedimientos establecidos para evitar accidentes. Se verificará la integridad de las mochilas tras la descarga y se registrarán cualquier incidencia que se presente durante el proceso

- **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE CEBOS EXPLOSIVOS DE VOLADURA, SEGÚN EN INGENIERÍA DE CONTROLES.**

Adquisición de Herramientas Adecuadas

- ✓ Se propone que el Encargado de Compras y el responsable de Equipos identifiquen y adquieran las herramientas necesarias para la preparación de cebos explosivos. Esto incluye la Máquina Fijadora de Fulminante y Conector para Mecha Rápida, alicates mineros y punzones de cobre o madera. Se sugiere solicitar cotizaciones a varios proveedores, realizar la compra de las herramientas seleccionadas y verificar su recepción para asegurar que cumplan con las especificaciones requeridas.

Creación de un Área Exclusiva para la Preparación

- ✓ Se recomienda que el Encargado y el Dueño de la Empresa, en coordinación con el Equipo de Seguridad, establezcan un área exclusiva para la preparación de cebos explosivos. Esta área debe estar alejada de fuentes de calor, chispas, llamas abiertas y materiales inflamables. Además, el área debe estar equipada con una mesa de trabajo estable, un sistema de almacenamiento seguro, y contar con buena ventilación para minimizar la acumulación de polvo. Se debe señalar claramente esta área como zona restringida y exclusiva para la preparación de cebos explosivos.

Seguridad y Acceso Restringido

- ✓ Se sugiere implementar medidas de seguridad estrictas en el área de preparación de explosivos. El responsable debe prohibir fumar, golpear explosivos o reutilizar

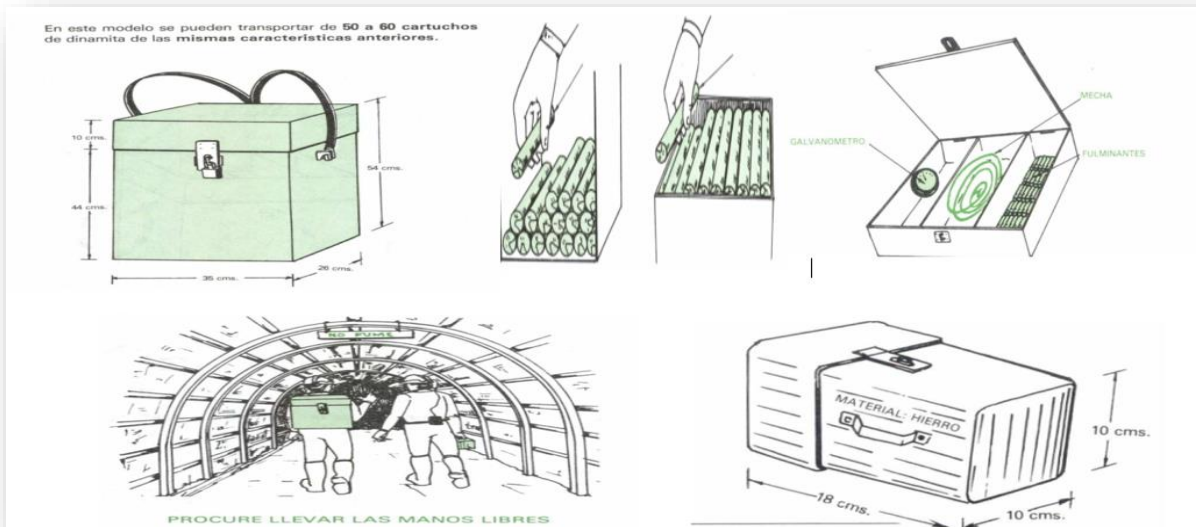
materiales en el área. Se propone restringir el acceso únicamente al personal capacitado y autorizado. Además, se recomienda instalar letreros de advertencia y recordar regularmente las normas de seguridad al personal.

Proceso de Preparación de Cebos Explosivos: Se propone seguir un proceso detallado y seguro para la preparación de cebos explosivos que serán realizadas por los personales que este familiarizado don con el manejo de explosivos(trabadores)

- ✓ **Preparación del Área de Trabajo:** Asegurar que el área de trabajo esté limpia y organizada antes de comenzar.
- ✓ **Montaje de Fulminantes:** Utilizar la Máquina Fijadora de Fulminante y Conector para Mecha Rápida para fijar el fulminante en el conector de manera firme y segura.
- ✓ **Corte de Guías:** Emplear alicates mineros para cortar las guías a la longitud requerida, asegurando que los cortes sean precisos y limpios
- ✓ **Perforación de Cartuchos:** Utilizar punzones de cobre o madera para perforar los cartuchos, asegurando que los orificios sean adecuados para la introducción del cordón detonante.
- ✓ **Inserción del Cordón Detonante:** Introducir el cordón detonante a través del orificio perforado en el cartucho, asegurando su correcta posición para una detonación efectiva.
- ✓ **Verificación Final:** Revisar cada cebo explosivo para asegurar que cumple con los estándares de seguridad y operación.
- ✓ Es esencial asegurarse de que cada cebo explosivo está preparado de acuerdo a los métodos y técnicas para prevenir fallos en la detonación.

- **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL TRASPORTE DE EXPLOSIVOS SEGÚN SUSTITUCIÓN**

Figura 29: Cajas tipo Mochila de transporte de explosivos



Nota: Adaptado de (Centro nacional minera SENA, 2018)

Selección y Adquisición de Cajas Adecuadas

- ✓ Antes de iniciar cualquier preparación para el transporte de explosivos, el encargado de compras o el responsable debe adquirir las cajas para transporte adecuadas. Se dará prioridad a las cajas de madera, asegurando que cumplan con las siguientes especificaciones donde solicitará la compra a la empresa. **Material** Se preferirán cajas de madera por su durabilidad y resistencia. **Medidas:** Se seleccionarán cajas con dimensiones aproximadas de 25 mm de diámetro y 250 mm de longitud para cajas pequeñas, con capacidad para 15 cartuchos, y cajas más grandes con capacidad para 50 a 60 cartuchos.

Empacado Ordenado de Explosivos: Durante la preparación para el transporte, el personal especializado en manejo de explosivos seguirá estas pautas:

- ✓ **Distribución Uniforme del Peso:** Se colocarán los cartuchos de dinamita o cebos explosivos dentro de las cajas de madera, se debe colocar ordenadamente dentro de la

caja, de forma horizontal para garantizar una distribución uniforme del peso seleccionadas, asegurando una distribución uniforme del peso.

- ✓ **Empaquetado del Fulminante:** Los fulminantes se introducirán en sus respectivas cajas y se colocarán de manera segura junto con los cartuchos de dinamita o cebos explosivos.
- ✓ **Enrollado Correcto de Mechas:** Las mechas de seguridad deben ser enrolladas correctamente y se guardarán en las respectivas cajas para evitar posibles accidentes durante el transporte.

Cierre y Aseguramiento de la Caja

- ✓ Una vez empacados los explosivos, el personal especializado en manejo de explosivos cerrará las cajas de madera de manera segura y las asegurará con un candado para prevenir accesos no autorizados o manipulaciones indebidas durante el transporte.

Transporte Seguro: El personal encargado del transporte de explosivos debe asegurar las correas para que queden ajustados al cuerpo y evitar golpear la caja en cualquier momento.

- ✓ **Manejo Cuidadoso de las Cajas:** Las cajas de explosivos se transportarán con precaución, evitando golpes o caídas que puedan provocar su detonación.
- ✓ **Selección de Ruta Segura:** Se elegirá una ruta de transporte que minimice el riesgo de accidentes y que esté alejada de zonas pobladas.

Descarga y Almacenamiento:

- ✓ Al llegar al destino final del transporte, el personal especializado en manejo de explosivos debe descargar las cajas de explosivos con cuidado en un sitio seguro y seco, garantizando que los explosivos lleguen a su destino en óptimas condiciones.

- **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL CARGUÍO, TAQUEO DE EXPLOSIVOS Y ENCENDIDO DE LOS TIROS, SEGÚN CONTROLES DE INGENIERÍA.**

Figura 30: *Carguío y Encendido correcto*



Nota: Adaptada de (Servicio nacional de geología y minería (*SERNAGEOMIN*), 2013)

- ✓ **Preparación del Personal y Materiales:** Antes de comenzar las operaciones, el encargado designa al personal autorizado y capacitado para el manejo de explosivos. Este personal que realizara el trabajo se asegura de que se disponga del equipo de protección personal necesario y obligado. Verifica también la disponibilidad de los cebos preparados y los materiales de taqueo.
- ✓ **Carguío de Explosivos:** Durante el carguío de los explosivos, el personal autorizado debe proceder con extrema precaución donde inspeccionara el barreno para asegurarse que este limpio o seco. Luego, introduce con cuidado los cebos preparados en el fondo del barreno. Es fundamental evitar aplicar presiones, golpes o exponer los explosivos a fuentes de calor. Este procedimiento debe realizarse durante la fase de preparación de los tiros, antes del taqueo, con el objetivo de prevenir daños a los explosivos y reducir el riesgo de detonación accidental.
- ✓ **Taqueo con Materiales Apropriados:** El mismo personal debe continuar con el trabajo donde no debe realizar taqueo directo en los explosivos, se debe preparar tacos de arena luego introducirlo al barreno, después puede utilizar materiales como el colihue o otros materiales fibrosos y densos, para el taqueo. Este procedimiento debe llevarse a cabo

por el personal autorizado inmediatamente después del carguío de los explosivos y antes del encendido.

- ✓ **Método de Encendido "Chacón":** Una vez completado el taqueo el mismo personal prepara el encendido. Se sugiere utilizar el método de encendido conocido como "Chacón", en el cual se juntan y amarran las guías para realizar un solo encendido. Es esencial asegurarse de que todas las mechas estén correctamente unidas y listas para la detonación, puede ser que se gaste más guías, pero la seguridad es lo más importante y facilita una evacuación rápida, reduciendo el riesgo asociado con múltiples encendidos
 - ✓ **Procedimiento de Encendido:** Antes de proceder con el encendido, es crucial realizar una verificación final deben asegurarse de que todos los explosivos estén correctamente cargados, taqueados y listos para la detonación. Una vez verificado todo, el personal autorizado debe proceder al encendido de los tiros asegurando que se han completado todas las tareas previas. Es fundamental asegurarse de que todo el personal se encuentre a una distancia segura Este procedimiento se lleva a cabo después de la verificación final y el aseguramiento de la zona, garantizando así una detonación controlada y segura, minimizando los riesgos para el personal y las instalaciones.
- **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS DESPUÉS DE LA VOLADURA, SEGÚN CONTROLES DE INGENIERÍA**
 - ✓ **Espera Prudente:** Después de realizar la voladura, el Encargado de Voladura debe establecer un tiempo de espera prudente para permitir la ventilación natural del área y la dispersión de gases peligrosos, teniendo en cuenta las características del terreno y la cantidad de explosivos utilizados. Durante este período, el ingreso de cualquier personal al área afectada está estrictamente prohibido.
 - ✓ **Evaluación Visual de Riesgos:** Una vez finalizado el período de espera, el Encargado de seguridad o el personal adecuado realizará una evaluación visual de riesgos antes de permitir la entrada de cualquier persona al área. Esta evaluación incluye inspeccionar visualmente el área en busca de signos de peligro, como desprendimientos de rocas o daños estructurales. Solo después de confirmar que el área es segura visualmente, se puede proceder con las siguientes actividades.

- ✓ **Recogida y Eliminación de Restos de Explosivos:** Tras la evaluación visual de riesgos y la autorización del supervisor o encargado, o el Equipo de Manejo de Explosivos se encargará de recoger cualquier resto de explosivos no detonados. Estos restos deben ser transportados a una ubicación designada para su eliminación segura, preferiblemente mediante su quema controlada. Es esencial registrar la cantidad y tipo de restos eliminados, así como el método de eliminación utilizado, para asegurar un manejo adecuado y seguro de los explosivos.
 - ✓ **Restricción de Acceso:** El acceso al área de voladura debe estar estrictamente controlado por el Personal de Seguridad en el Sitio. Solo el personal autorizado, podrá ingresar al área. Este personal debe utilizar el equipo de protección personal (EPP) necesario en todo momento, incluyendo cascos, guantes, mascarillas y botas de seguridad. Se deben colocar señales y barreras alrededor del área de voladura para restringir el acceso y se deben realizar controles periódicos para asegurar el cumplimiento de estas restricciones.
- **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS PARA CAPACITACIÓN SOBRE EL MANEJO DE EXPLOSIVOS, SEGÚN ADMINISTRATIVOS.**

Objetivo: Capacitar al personal de minería artesanal en el manejo seguro de explosivos, con sesiones de dos horas que cubran todos los temas relevantes, a realizarse cada tres meses. A cargo de un ingeniero especializado en explosivos y la capacitación será contantemente por el supervisor o encargado de manejo de explosivos que le dará instrucciones al personal nuevo.

Contenido de la Sesión:

- ✓ **Introducción a los Explosivos y Seguridad:** presentación de los tipos de explosivos riesgos asociados y medidas de seguridad requeridas.
- ✓ **Normativas y Regulaciones:** Explicación detallada de normativas locales nacionales relacionadas con el manejo de explosivos
- ✓ **Identificación y Manejo de Explosivos:** Explicación de manejo correcto en el trasporte, almacenamiento, preparación de cebos y manipulación segura de explosivos.

- ✓ **Preparación del Sitio de Voladura:** Instrucción sobre los procedimientos de preparación del sitio de voladura incluyendo la colocación adecuada de los explosivos.
- ✓ **Procedimientos de Seguridad durante la Voladura:** Enseñanza de las medidas de seguridad esenciales durante el proceso de voladura, como la delimitación de áreas seguras y la evacuación de personal. Se detallará el proceso de colocación y cebado de los explosivos, y se explicarán las medidas de seguridad necesarias durante el carguío de tiros
- ✓ **Encendido de Tiros:** Capacitación en el encendido seguro de los tiros incluyendo el método de encendidos para la minería artesanal. Se definirá cómo establecer zonas de seguridad y utilizar señales de advertencia para minimizar los riesgos durante la voladura
- ✓ **Manejo de Emergencias:** Se capacitará al personal en los procedimientos a seguir en caso de accidentes. Esto incluirá la provisión de primeros auxilios para quemaduras y lesiones por explosión y la ejecución de un plan de emergencia
- ✓ **Uso de Ropa de Protección Personal:** El Instructor de Seguridad proporcionará capacitación específica sobre el uso adecuado del equipo de protección personal (EPP), describiendo los diferentes tipos necesarios como cascos, guantes, gafas de protección, mascarillas y botas de seguridad. Se darán instrucciones sobre el uso correcto de cada pieza para maximizar la protección y directrices para mantener y revisar regularmente el EPP, asegurando su efectividad continua. Se enfatizará la importancia del uso constante del EPP durante todas las fases del manejo de explosivos para prevenir lesiones.
- ✓ **Metodología de Capacitación:** La metodología de capacitación será participativa y activa. El Ingeniero utilizará exposiciones dialogadas para fomentar el intercambio de ideas y preguntas, ejercicios prácticos para reforzar el aprendizaje teórico y estudios de casos reales para analizar situaciones y mejorar la comprensión. Se animará a los participantes a compartir sus experiencias y a participar en discusiones grupales para mejorar el aprendizaje colectivo.

- **PROPONER PROCEDIMIENTO PARA EL USO OBLIGATORIO DE LA ROPA DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)**

Figura 31: Ropa de protección personal



Nota: Adaptado de manual de perforación y voladura (Centro tecnológico minero CERTAMIN)

- ✓ **Provisión de EPP:** El empleador proporcionará a todos los trabajadores el equipo de protección personal necesario, incluyendo arneses de seguridad, gafas protectoras, guantes, cascos y calzado adecuado (ver Anexo 8).
- ✓ **Distribución del EPP:** Se asignará a cada trabajador el EPP necesario según su función y las actividades que realice, garantizando que cada trabajador cuente con el equipo adecuado para sus tareas específicas.
- ✓ **Verificación del Estado del EPP:** Antes de su uso, cada trabajador verificará el estado de su EPP para asegurarse de que esté en buenas condiciones y funcione correctamente. Cualquier EPP dañado o defectuoso se reportará de inmediato al supervisor.

- ✓ **Uso Correcto del EPP:** Todo trabajador está obligado a utilizar el EPP asignado en todo momento durante las actividades relacionadas con el manejo de explosivos. Esto incluye su uso adecuado según las instrucciones proporcionadas durante la capacitación.
- ✓ **Prohibición de Modificaciones:** Está estrictamente prohibido modificar, alterar o quitar cualquier parte del EPP sin la autorización previa del supervisor. Cualquier ajuste necesario deberá ser realizado por personal autorizado.
- ✓ **Reporte de Incumplimientos:** Cualquier trabajador que observe a otro sin el EPP adecuado o utilizando el EPP de manera inadecuada deberá informarlo de inmediato al supervisor de seguridad para tomar las medidas correctivas necesarias.
- ✓ **Reemplazo y Mantenimiento:** El empleador será responsable de reemplazar el EPP desgastado o dañado, y de mantenerlo en condiciones óptimas de funcionamiento.
- ✓ **Sanciones por Incumplimiento:** El incumplimiento de este procedimiento resultará en acciones disciplinarias, que pueden incluir desde una advertencia hasta la terminación del empleo, dependiendo de la gravedad del incumplimiento y las políticas de la empresa.
- ✓ **Priorización de la Integridad Física:** Estas medidas tienen como objetivo priorizar la integridad física de todos los involucrados en las operaciones, garantizando un ambiente de trabajo seguro y saludable en el manejo de explosivos.

3.2. CONCLUSIONES

- **Describir los métodos y técnicas para el manejo seguro de explosivos.**

Se realizó una revisión exhaustiva de literatura, guías de métodos y técnicas de procedimientos de manejo de explosivos de voladura, así como normativas vigentes como la Ley N° 400 de Control de Armas de Fuego, Municiones, Explosivos y otros Materiales Relacionados, junto con su Decreto Supremo Reglamentario N° 2175, que establecen normas de seguridad para el manejo de explosivos. Este estudio identificó las mejores prácticas en el manejo de explosivos para voladuras, abarcando el almacenamiento adecuado, transporte seguro, manipulación segura y uso seguro de los mismos, es crucial seguir estas prácticas para garantizar la seguridad de los trabajadores.

- **Diagnosticar la situación actual del manejo de explosivos de voladura en la minería de San Pedro de Puca Cancha R.L.**

La situación actual del manejo de explosivos de voladura en la minería de San Pedro de Puca Cancha R.L. revela varias debilidades significativas. Se observó que no existen procedimientos estandarizados para el manejo de explosivos, el sistema de almacenamiento y las herramientas no son adecuados, el uso de equipos de protección personal no es correcto, los controles son insuficientes y hay una alta probabilidad de accidentes debido a la manipulación insegura de explosivos. Estas deficiencias representan una seria amenaza para la seguridad de los trabajadores y el entorno minero en general. Donde es importante implementar medidas de control para reducir riesgos.

- **Identificar peligros y evaluar riesgos con el método IPER**

Mediante la aplicación del Método IPER, se llevó a cabo la identificación y evaluación de riesgos en todas las etapas del manejo de explosivos en la minería de San Pedro de Puca Cancha R.L. Los riesgos fueron identificados a través de entrevistas con los trabajadores y observaciones fotográficas durante las actividades de almacenamiento, preparación, transporte, carguío, y encendido de explosivos. Los resultados revelaron que las tareas relacionadas con el almacenamiento de explosivos, preparación, transporte, carguío, y encendido de tiros presentan riesgos significativos de accidentes fatales. Estos hallazgos son fundamentales para implementar medidas de control efectivas y garantizar un entorno laboral seguro en la actividad minera."

- **Proponer medidas de control al proceso de voladura.**

Para abordar los riesgos identificados en el manejo de explosivos de voladura en la minería de San Pedro de Puca Cancha R.L., se han propuesto procedimientos de medidas de control efectivas basadas en la jerarquía de controles. Estas medidas incluyen la implementación de herramientas específicas para el preparado de cebos explosivos de voladura, como mochilas o cajas de metal, madera y plástico para el transporte seguro de explosivos, así como la práctica de técnicas y métodos adecuados en los procedimientos de explosivos. Además, se llevarán a cabo capacitaciones exhaustivas que abarcarán todos los aspectos relevantes para el manejo

seguro de explosivos de voladura. Se enfatizará la obligatoriedad del uso de equipos de protección personal para todos los trabajadores involucrados en estas operaciones. Estas medidas son esenciales para mitigar los riesgos y garantizar un entorno laboral seguro en la actividad minera de San Pedro de Puca Cancha R.L.

3.3. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar e implementar un programa de SST que abarque todas las áreas de trabajo en la minería, incluyendo perforación, carga y transporte de materiales, ventilación de minas, manejo de desechos y cualquier otra actividad realizada en el sitio minero.
2. Fomentar una cultura de seguridad en toda la organización, donde la seguridad sea una prioridad en todas las actividades mineras. Esto implica crear conciencia sobre la importancia de la seguridad, alentar a los trabajadores a reportar cualquier situación o práctica insegura, y reconocer y recompensar el cumplimiento de las normas de seguridad.
3. Realizar evaluaciones de riesgos en todas las actividades mineras para identificar posibles peligros y desarrollar medidas de control adecuadas. Esto incluye considerar riesgos como caídas, atrapamientos, exposición a productos químicos peligrosos, y condiciones inseguras de trabajo.

Bibliografía

Empresa nacional minera ENAMI. (6 de octubre de 2010). *Guía de buenas prácticas en seguridad minera para pequeña empresa*. Obtenido de Guía de buenas prácticas en seguridad minera para pequeña empresa: <file:///C:/Users/ASUS/Desktop/MONOGRAFIA/13.guia-buenas-practicas.pdf>

(1), Guía BP Pequeña Minería VF. (11 de Noviembre de 2013). *Buenas prácticas ambientales manejo de explosivos*. Obtenido de Buenas prácticas ambientales manejo de explosivos: https://ascc.cl/resources/uploads/documentos/archivos/368/buenas_practicas_ambientales_manejo_de_explosivos_pequena_mineria.pdf

Bolivia, G. o. (18 de Septiembre de 2013). *REGLAMENTO DE LA LEY N° 400, DE CONTROL DE ARMAS DE FUEGO, MUNICIÓN, EXPLOSIVOS* . Obtenido de <http://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo/>

CASTILLO, M. F. (2021). *Sistema de gestión en calidad, seguridad y salud en el trabajo para optimizar gestión de riesgos en el proceso de voladuras de roca*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16490/Pena_cm.pdf

Centro nacional minera SENA. (28 de Diciembre de 2018). *transporte de explosivos* . Obtenido de transporte de explosivos: <https://core.ac.uk/download/pdf/232127044.pdf>

Espinoza Rubin, J. H. (2023). *Mejora de la calidad de la voladura mediante una nueva malla de perforación y el uso de emulsiones Emulgran Qhana, en compañía minera Corihuarmi*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3729>

esponsable, B. M. (8 de Agosto de 2007). *Reglamento interno para transporte, manipulación, uso y almacenamiento de explosivos* . Obtenido de Reglamento interno para transporte, manipulación, uso y almacenamiento de explosivos : <https://www.e-seia.cl/archivos/20070816.145109.pdf>

GUIA ISO 45001, j. d. (24 de 11 de 2022). *Controles de riesgos en ISO 45001: jerarquía y pasos para aplicarlos*. Obtenido de Escuela Europea De Excelencia: <https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2022/11/controles-de-riesgos-en-iso-45001-jerarquia-y-pasos-para-aplicarlos/>

jose, B. A., Jorge, C. G., & Juan, H. H. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía.

Manual practico de voladura EXSA. (7 de Octubre de 2019). *SCRIPBD*. Obtenido de SCRIPBD: <https://es.scribd.com/document/650470539/Manual-de-Explosivos-EXSA>

ortega, c. (17 de diciembre de 2020). *questionPro*. Obtenido de questionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercado/#:~:text=Investigaci%C3%B3n%20descriptiva%3ASe%20enfoca%20en%20realizar%20un%20informe%20detallado,tener%20una%20visi%C3%B3n%20clara%20para%20entender%20su%20naturaleza>.

pacco, N., & carlos, j. (18 de septiembre de 2021). *IV_FIN_110_TI*. Obtenido de IV_FIN_110_TI.

pacherre, M. I. (15 de Marzo de 2021). *SEGURIDAD EN EL MANEJO y MANIPULACION DE EXPLOSIVOS*. Obtenido de SEGURIDAD EN EL MANEJO y MANIPULACION DE EXPLOSIVOS: <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/13.guia-buenas-practicas.pdf>

Rojas, m. (3 de mayo de 2021). *minsur S.A voladuras y explosivos*. Obtenido de minsur voladuras y explosivos: <https://www.minsur.com/wp-content/uploads/2022/05/MICOR-SSO-CRI-EST-06-Est%C3%A1ndar-Operacional-Voladura-y-Explosivos-versi%C3%B3n-03.pdf>

SAIF. (20 de 12 de 2023). *Hierarchy of controls*. Obtenido de file:///C:/Users/ASUS/Downloads/S1271_SP_Hierarchy_of_controls_a_way_to_address_hazards.pdf

Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN). (16 de Octubre de 2013). *GUÍA N° 3 DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA*. Obtenido de GUÍA N° 3 DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA: https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/10/G3_ManejoExplosivos.pdf


zyght. (22 de 10 de 2023). *Metodología IPER ¿ que es y como se impletenta con exito?* Obtenido de Metodología IPER ¿ que es y como se impletenta con exito?: <https://zyght.com/blog/es/metodologia-iper-que-es-y-como-implementarla-con-exito/>


ANEXOS

Anexo 1: Identificación de los diferentes tipos de explosivos usados en la minería

Tabla 5


Tipos de explosivos



NOMBRE DEL EXPLOSIVO	DESCRIPCION	APLICACIONES	IMAGEN
<p>ANFO (granel)</p>	<p>El ANFO es un agente de voladura granular, seco, compuesto por una mezcla de Nitrato de Amonio poroso y petróleo Diesel N.2.</p> <p>Los poros actúan como elementos sensibilizadores en su detonación. Son insensibles al detonador y <u>requieren de un cebo energético para arrancar.</u></p> <p>Su velocidad de detonación es relativamente baja por lo que son poco brisantes, pero la natural lentitud de su reacción les permite generar un buen volumen de gases, por lo que son preferentemente expansores o empujadores.</p> <p>Su mayor limitación es la nula resistencia al agua.</p>	<p>Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad. Las cantidades de nitrato de amonio y combustible varían según la longitud de la cadena hidrocarbonada del combustible utilizado.</p> <p>La mezcla ideal corresponde al 94,3 % de Nitrato de Amonio (oxidante) y 5,7 % de petróleo (combustible), en pesos, para el mejor balance de oxígeno en la detonación, con 2 500 a 3 000 m/s de velocidad y 45 kbar de presión.</p>	

<p>Dinamita</p>	<p>Las dinamitas son explosivos generalmente bicomponente: nitroglicerina o nitroglicol con nitrocelulosa, formando una pasta de mayor estabilidad que cada explosivo por separado.</p> <p>Sensibles al fulminante N.º 6, 8 y otros iniciadores como el cordón detonante, directamente.</p> <p>Potencias elevadas, gran efecto triturador.</p> <p>Altas densidades, de 1,05 hasta 1,5 g/cm³.</p> <p>Elevadas velocidades de detonación, entre 3 500 y 6 000 m/s.</p>	<p>Por su alta estabilidad, la dinamita reemplazó rápidamente a la nitroglicerina en aplicaciones como las demoliciones y la minería, y como relleno explosivo en los proyectiles de artillería y cargas de demolición.</p>	
------------------------	---	---	---

ACCESORIOS DE VOLADURA

<p>Fulminante común</p>	<p>Consiste en una cápsula cilíndrica de aluminio de 6.2 mm de diámetro, cerrado en un extremo donde se coloca de 300 a 400 mgr de explosivo base (PENT) y sobre esa se coloca una carga primaria altamente sensible como la ázida de plomo (200 a 300 mgr) altamente sensible a la chispa que produce la mecha o guía de seguridad</p>	<p>La chispa de la mecha actúa sobre la ázida de plomo y esta a su vez, hace detonar a la carga base de PENT generando una onda de choque que inicia al primer y este a su vez a la columna explosiva correspondiente.</p>	<p>The diagram shows a cylindrical aluminum capsule containing a primary charge of lead azide (250 mg) and a base charge of pent (450 mg). A fuse is attached to the capsule.</p>
-------------------------	---	--	---

<p>Mecha de seguridad</p>	<p>La iniciación por medio de la guía de seguridad es un método anticuado, la tendencia a usarla es cada vez menor, sin embargo, en operaciones pequeñas éste método es la más simple y económica.</p> <p>Velocidad de Combustión:</p> <p>Deberá tener un tiempo de propagación de combustión uniforme cumpliendo las normas del Reglamento de Seguridad e higiene Minera con una tolerancia del 5% que está comprendido entre:</p> <p>Mínimo: 150 seg. /mt (la más rápida). Máximo: 200 seg. /mt (la más lenta)</p>	<p>Entre sus aplicaciones destacan las de desarrollos verticales, voladuras subterráneas, explotación de canteras y minería superficial.</p> <p>Se emplea para iniciar la detonación de un fulminante común.</p>	
<p>Cordón Detonante</p>	<p>Cordón flexible conformado por un núcleo de alto explosivo: Pentrita, recubierto por una serie de fibras sintéticas y revestido exteriormente por un plástico de cloruro de polivinilo de color (PVC), formando un conjunto resistente a la tracción, la humedad y la abrasión.</p>	<p>Se usa para disparar múltiples barrenos grandes en la superficie ya sea vertical u horizontal, siendo ilimitado el número de barrenos que pueden dispararse de esta forma.</p>	

<p>Cebo o prima</p>	<p>Cartucho preparado con un detonador corriente u otro tipo de detonador y su respectiva guía o cordón detonante. Están formados por un cartucho de dinamita, de emulsión o de hidrogel sensible al fulminante, al que se le ha insertado un fulminante, un detonador eléctrico o un extremo de cordón detonante.</p>	<p>Actúa como iniciador de la carga explosiva principal. Se utilizan para activar e iniciar la detonación de la carga explosiva principal en un taladro de la voladura.</p>	
<p>Tacos</p>	<p>Parámetro del diseño de perforación y voladura de rocas en mineras subterráneas. Normalmente se rellena con material inerte que puede ser arcilla o piedra canchada o fina</p>	<p>Cumplen la función de retener, dentro del taladro, los gases productos de la explosión</p>	

Nota: Tipos de explosivos y sus accesorios. Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Explosivos principales

EXPLOSIVOS COMERCIALES- COMPONENTES PRINCIPALES			
TIPO	OXIDANTES	COMBUSTIBLES	SENSIBILIZADOR
DINAMITAS	Sólido Nitrato de amonio y otras sales	Sólido Materiales abasorbentes, pulpa de madera, celulosa	Líquido Nitroglicerina y otros
ANFO y otros nitrocarbonitratos granulares	Sólido Nitrato de amonio granulado	Sólido - líquido Petróleo diesel, Carbón y otros aceites	Aire Poros vacíos de aire en los prills de nitrato de amonio
Hidrogeles (slurry) (dispersión de aceite en agua)	sólido - Líquido Nitrato de amonio y otras sales (soluciones salinas)	Sólido - Líquido Petróleo, aluminio, sensibilizantes orgánicos, gomas	Sólido - Líquido Nitrato de monometilamina, mononitrato de etileno glicol, aluminio en polvo y otros gasificantes
Emulsiones (dispersión de agua en aceite)	Líquido Soluciones de nitrato de amonio y otras sales	Líquido Petróleo, aceite, Emulsificantes, parafinas	Gasificantes Aire contenido en microesferas de vidrio y otros gasificantes

Nota: Adaptado de manual de perforación y voladura (Centro tecnológico minero CERTAMIN)

Anexo 2: Almacenes de explosivos(polvorines)

Tabla 6

Almacén de explosivos

ACCESO AL POLVORIN
*El recinto del polvorín permanecerá cercado de manera que impida el paso de vehículos, personas y/o animales.

- * No se podrá ingresar al recinto portando fósforos, encendedores o cualquier otro agente inflamador, ni con elementos metálicos que puedan generar chispas.
- * No podrán ingresar al recinto de polvorines personas ajenas a ellos, a menos que se haga acompañar por el responsable de la faena.

RECEPCION

- * En cada recepción deberá controlarse si la cantidad, calidad, potencia, tipo y tamaño es la misma que la solicitada, constatando, además, si el explosivo se encuentra en buen estado. Cualquier anomalía será causal de rechazo en su recepción, comunicado de inmediato al encargado de la compra y a la autoridad pertinente.
- * En la cajas y sacos de explosivos deberá indicarse la fecha de recepción; ésta deberá anotarse en lo posible en una pizarra, la que se ubicará en un lugar visible.
- *El encargado del polvorín, para cualquier tipo de explosivos que ingrese, deberá registrar
- *Todas las personas que se destinen a esta labor, deberán contar con su licencia para manipular explosivos, tener conocimiento de manejo de explosivos

ALMACENAMIENTO

- *Los explosivos se almacenarán de modo tal que su disposición sea segura, su manejo fácil, permitiendo una perfecta ventilación y circulación de personas.
- *No se almacenarán primas armadas, es decir, cartuchos de dinamitas con cordón detonante o fulminantes en su interior, ni explosivos en mal estado.
- *Al ingresar nuevas partidas de explosivos, éstos deberán ser señalizados con la fecha de su ingreso.
- *Guardar siempre los explosivos (dinamitas, emulsiones, ANFO y cordón detonante) en un polvorín y los accesorios de voladura (detonadores, guías y retardos) en otro.
- * Antes de recoger los detonadores siempre descarga la corriente estática que puedes tener, tocando la barra de cobre con línea a tierra.
- * Nunca almacenes aceite, pintura ni otra clase de combustibles junto con los explosivos o con el nitrato de amonio.
- * Nunca guardes herramientas ni objetos de metal que puedan producir chispas en un polvorín.

<ul style="list-style-type: none"> * Nunca dejes explosivos fuera de un polvorín. * Jamás fumes o enciendas fuego dentro o alrededor de un polvorín, ni permitas que otros lo hagan. * No debes realizar ningún trabajo dentro del polvorín, solo acomodar los explosivos. * Utiliza solo herramientas que no produzcan chispas para abrir las cajas. * No despaches explosivos humedecidos, o que muestren líquido escurrido, que estén muy endurecidos o que muestren otros signos de deterioro. * Separa los explosivos deteriorados para eliminarlos posteriormente, pero antes de mover las cajas echa aserrín sobre el líquido escurrido. * Si se incendia el nitrato de amonio, apágalo con abundante agua, los extintores no son aplicables. * Usa máscara contra gases, los vapores que produce el nitrato al arder son muy tóxicos.
DESPACHO
<ul style="list-style-type: none"> * El despacho de explosivo se hará por estricto orden de recepción. * Se retirará sólo la cantidad y tipo de explosivo que sea necesario en la actividad programada para el consumo del día.
CONTROL
<ul style="list-style-type: none"> * El polvorín deberá ser inspeccionado periódicamente por el responsable de la Faena, quién anotará en su reporte cualquier anomalía que encuentre, e impartirá instrucciones de solución. * En el “Libro Control de Explosivos”, deberá anotarse: Fecha de recepción o despacho, número de guía de recepción o despacho, procedencia o destino, cantidad recibida o despachada, existencia y observaciones.

Fuente: Elaboración propia según SERNAGEOMIN

Anexo 3: Al trasportar explosivos lo que nunca se debe hacer.





Tabla 7: Lo que nunca se debe hacer al trasportar los explosivos.


NUNCA
<p>Permitir que las cajas de explosivos estén en contacto con metal alguno, excepto estructura fija propia del vehículo.</p>

transportar conjuntamente con explosivos materiales metálicos, combustibles o corrosivos.
permitir abrir las cajas que contienen explosivos sobre las plataformas del vehículo o en el área de desembarque o Almacenaje.
estacionar vehículos con explosivos cerca de lugares donde hay aglomeración de personas como restaurantes, escuelas, garajes, estaciones de gasolina, etc.
Jamás fumes ni lleves fósforo o materiales inflamables cuando transportes explosivos.

Nota: Características de almacena de explosivos. Fuente: Elaboración propia según (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

Tabla 8: Riesgo al manipuleo de explosivos.

RIESGOS AL MANIPULEO DE EXPLOSIVOS	
<p>Golpe o Impacto: Puede darse con una herramienta metálica, por caída de rocas, choque del vehículo de transporte, por impacto con el barreno de perforación o impacto de bala.</p>	
<p>Compresión: Aplastamiento por un vehículo o un equipo pesado en movimiento, aplastamiento en las quijadas de una chancadora.</p>	
<p>Fuego o Llama Abierta: Contacto con la llama de un soplete de soldar, con el fuego de un incendio, o fósforos encendidos. Nunca colocar los explosivos cerca de llama, chispa o calor excesivo.</p>	
<p>Calor: Cuando es excesivo, por ejemplo, el calentamiento en un horno o cerca de estufas y calderos, en depósitos herméticamente cerrados.</p>	

<p>Chispa: Chispas eléctricas de cortocircuitos, de combustión de maderas, partículas de soldadura calientes, colillas de cigarrillos.</p>	

Nota: Diferentes riesgos al manipular explosivos según (Manual practico de voladura EXSA, 2019)

Anexo 4: Preparación correcta de cebo o prima

CABADO O PRIMADO DE EXPLOSIVOS

- **Cebado y carguío en subterráneo**
- **Cebado y carguío en superficie**

CEBADO O PRIMADO DE EXPLOSIVOS

Para iniciar a un taladro cargado con un explosivo rompedor sensible o con un agente de voladura se emplea un cebo, que en su forma más simple es el detonador introducido en un cartucho de dinamita

CEBOS

Se denominan cebos o primas a los conjuntos formados por un cartucho de dinamita, de emulsión o de hidrogel sensible al fulminante, al que se le ha insertado un fulminante, un detonador eléctrico, o un extremo de cordón detonante y que se utilizan para activar e iniciar la detonación de la carga explosiva principal en un taladro de voladura.

Los cebos normales son de la misma dinamita empleada en el resto de la columna explosiva y se utiliza un cebo para cada taladro a disparar, igual cuando la carga principal sea de un agente de voladura como Examen o ANFO.

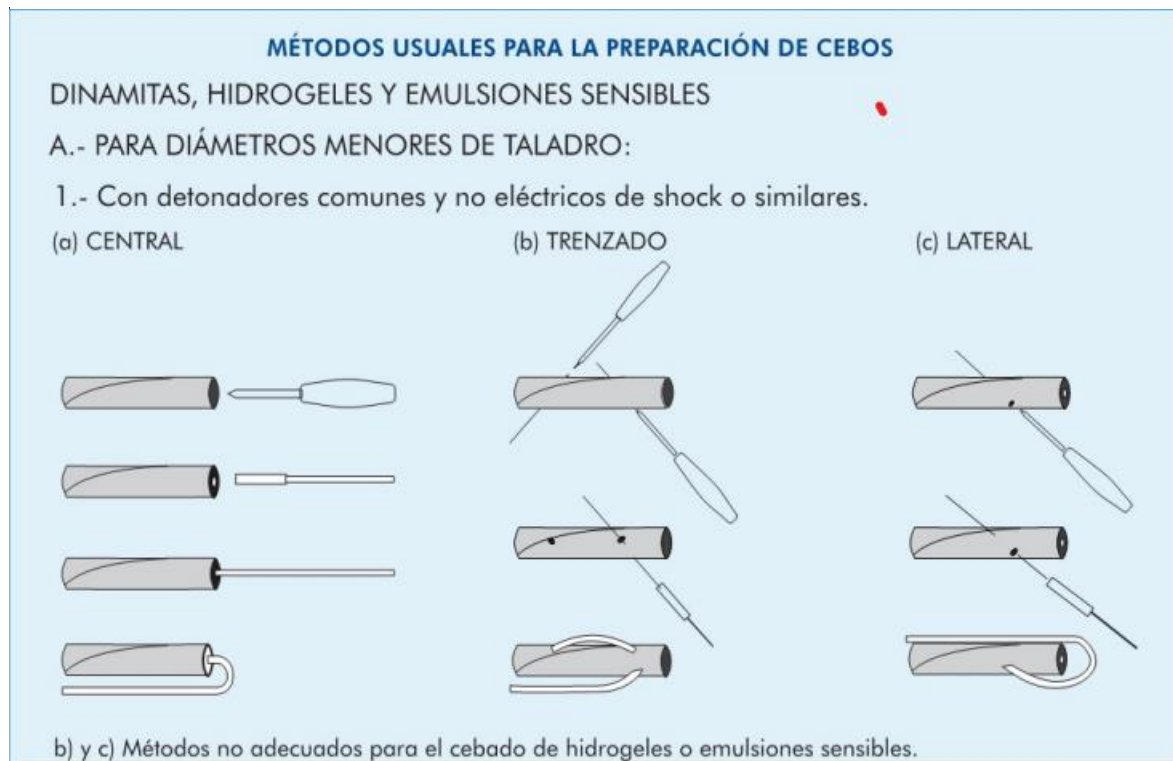
Para aprovechar al máximo el efecto de impacto puntual que proporciona el detonador, éste debe colocarse dentro de la masa del cartucho, con su carga iniciadora orientada hacia la mayor longitud de la columna explosiva, es decir, mirando hacia la boca del taladro.

Los cebos son activados con un detonador o con cordón detonante convencional cuando se requiere arranque instantáneo del disparo y con detonador de retardo o con detonador de superficie en la línea de cordón detonante cuando son para arranque temporizado.

El detonador puede ser introducido en un explosivo blando o plástico empujándolo suavemente. Para el caso de explosivos más consistentes debe emplearse un punzón de madera, plástico o bronce, para hacer un hueco en el cartucho donde se introducirá el detonador. El cebo preparado debe ser manejado con precaución. No debe ser taconeado o atacado al ser cargado en el taladro.

Son bien conocidas las recomendaciones de cortar la mecha en forma recta, no inclinada, con navaja bien afilada, e introducirla en el fulminante hasta hacer un buen contacto con su carga sensible, sin dejar espacio vacío y luego ajustar la cápsula con el alicate fijador para conseguir un empalme hermético. Igualmente, las de mantener puenteados (cortocircuitados) los alambres de los detonadores eléctricos hasta el momento del disparo, para evitar tiros prematuros por acción de corrientes eléctricas vagabundas. Todo cebo es explosivo activado dispuesto a detonar por cualquier incentivo (fuego, golpe, maltrato, etc.) por lo que debe ser tratado con el máximo cuidado, tanto al transportarlo, como al introducirlo en el taladro. Para el cebado de cartuchos y taladros se siguen ciertos pasos, que para facilidad de interpretación presentamos en los dibujos que vienen a continuación:

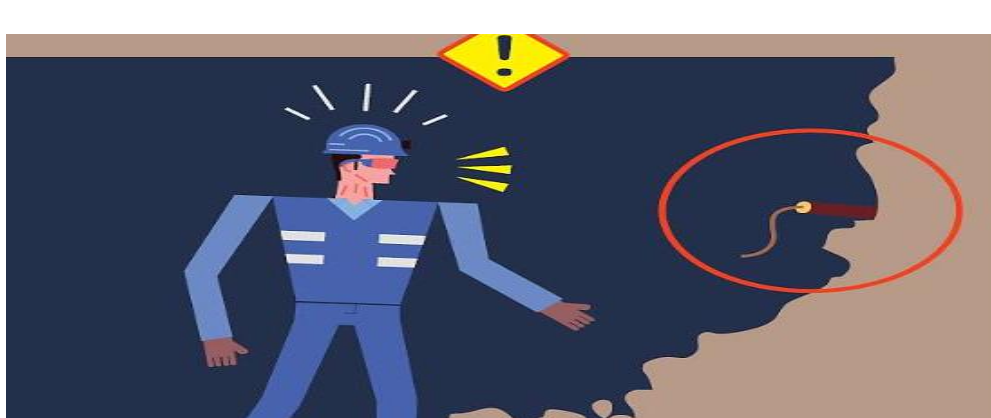
Figura 34: *Proceso de preparación de cebos*



Nota: Tipos de elaboración correcta de cebo (Manual practico de voladura EXSA, 2019,p.136)

Eliminación de tirros quedados

Figura 33: *Eliminación de tiros quedados*



Nota: Eliminación de tiro quedado (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

Recomendaciones

- Nunca usar herramientas metálicas para extraer los restos del explosivo.
- Nunca tratar de encender nuevamente la guía fallada.
- Nunca jalar los restos de la guía, cordón o mangueras.
- Nunca perforar otro taladro al lado para eliminar el fallado.
- Recoge cuidadosamente los restos hallados entre los escombros (si es necesario, plantearlos en el mismo lugar).

Anexo 5: Proceso de encendido correcto

Figura 35: Proceso de encendido de tiros



Nota: Encendido correcto método chacón (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)

Anexo 6: Entrevistas

PREGUNTAS DE ENTREVISTAS

Se entrevistó al encargado: Lorenzo ramos Aguilar

Ayudante: Eusebio arila chauca

Presidente de la cooperativa: Valerio janko paco

1. ¿Cuántas personas trabajan?

5 trabajadores, 1 perforista, 1 bichero, 2 ayudante, 1 compresorcita

2. ¿Qué tipo de explosivos utilizan?

ANfO, fulminante, cebos, guía.

3. ¿Años de experiencia tiene usted trabando en la minería?

Encargado: 2 años y medio

Ayudante: 2 años

Presidente de la cooperativa: 10 años

4. ¿Tiene conocimientos de peligros y riesgos asociados con el uso de explosivos en la minería?

Si tenemos los conocimientos de los accidentes y peligros asociados a los explosivos con los comentarios de los mismos compañeros de trabajo a lo largos años que trabajaron.

5. ¿Alguna vez han recibieron capacitaciones de explosivos?

Ninguno de los entrevistados recibió capacitación sobre los manejos de explosivos.

6. ¿Podría compartir alguna experiencia personal que haya tenido un accidente o incidente relacionado con los explosivos?

Si tubo la experiencia el quemado de las manos al prender los guías para la voladura porque dice que con los guantes es un poco incomodo y así sin guantes es más rápido así lo justifican y también es tuvieron la caída de rocas después de la voladura y en la perforación que afecto al ayudante que llevo a las piernas.

7. ¿Se les proporciona la ropa de protección personal?

Solo los proporcionan algunos como el casco overol, cubre boca, linternas, hasta su final de vida útil luego se les proporciona lo que falta y el resto el trabajador se compra.

8. ¿Cada que tiempo se cambia de personal?

Nos indicó constantemente

9. Tiene el botiquín de primeros auxilios

Si al principio había hace 6 meses, pero por ahora no hay nada

10. Podría describir el proceso que se utiliza actualmente

- **Como se trasladan los explosivos:** se trasladan en bolsas de yute y bota de goma.
- **Preparado de explosivos:** se realiza todo el proceso manualmente como la corte de guía, (alicate) perforación de cartuchos con materia (clavo), corte del cartucho o cebo (cuchillo), y ensamblado de fulminante a guila (alicate).
- **Donde guardan los explosivos:** Nos indica que los guardan toda la semana en donde se preparan y los findes semana se lleva a una casa por cuidarnos de robo, y no es una cantidad alta para tener un polvorín los explosivos comprar por semana.
- **Al perforar:** se introduce cuidadosamente los explosivos, luego se lo introduce el anfo con la máquina de compresora después se realiza el taqueo con un material exclusivo para taquear.

- **Se realiza la perforación:** dos veces al día uno por las mañanas y otra por la tarde depende de la ocasión.
- **Cuantos barrenos se realiza máximo:** 15 máximo y 10 como mínimo dependiendo de la ocasión o mineral que existe o a la dureza de rocas minerales.
- **Queda explosivos después de la voladura:** Si siempre queda frecuentemente y cuantos eso se lo recoge y se traslada al basurero.
- **Cuantas horas tardan al ventilarse después de la voladura:** es una ventilación natural no tiene chimeneas, aproximadamente 4 horas
- **Qué pasa si hay ay agua en los barrenos si los explosivos son sensibles al agua:** se utilizan tubos donde se introduce los explosivos y se sellan y luego se introducen a los barrenos.

Fotos de la minería actual

Figura 36: *Uso de protección personal en la minería actual.*



Nota: Fotografía tomada en la cooperativa. Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Pasos para realizar Matriz IPER



5.2.2.2. Estimación del riesgo

5.2.2.2.1. Severidad del daño

Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse:

- a) partes del cuerpo que se verán afectadas
- b) naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino.

Ejemplos de ligeramente dañino:

- Daños superficiales: cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo.
- Molestias e irritación, por ejemplo: dolor de cabeza, disconfort.

Ejemplos de dañino:

- Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores.
- Sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.

Ejemplos de extremadamente dañino:

- Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales.
- Cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida.

5.2.2.2.2. Probabilidad de que ocurra el daño

La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio:

- Probabilidad alta: El daño ocurrirá siempre o casi siempre
- Probabilidad media: El daño ocurrirá en algunas ocasiones
- Probabilidad baja: El daño ocurrirá raras veces

A la hora de establecer la probabilidad de daño, se debe considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas. Los requisitos legales y los códigos de buena práctica para medidas específicas de control, también juegan un papel importante. Además de la información sobre las actividades de trabajo, se debe considerar lo siguiente:

- a) Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos (características personales o estado biológico).
- b) Frecuencia de exposición al peligro.
- c) Fallos en el servicio. Por ejemplo: electricidad y agua.
- d) Fallos en los componentes de las instalaciones y de las máquinas, así como en los dispositivos de protección.
- e) Exposición a los elementos.
- f) Protección suministrada por los EPI y tiempo de utilización de estos equipos.
- g) Actos inseguros de las personas (errores no intencionados y violaciones intencionadas de los procedimientos):

El cuadro siguiente da un método simple para estimar los niveles de riesgo de acuerdo a su probabilidad estimada y a sus consecuencias esperadas.



Niveles de riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

5.2.3. Valoración de riesgos: Decidir si los riesgos son tolerables

Los niveles de riesgos indicados en el cuadro anterior, forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. En la siguiente tabla se muestra un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisión. La tabla también indica que los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control, deben ser proporcionales al riesgo.

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones. Mas rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficiencia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.

Importante (I)	No se debe comenzar el trabajo hasta que haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo.

LOS RIESGOS QUE OCUREN EN LA EMPRESA.

Los principales riesgos asociados a la manipulación, se basan en que las personas no cuentan con los conocimientos necesarios para realizar la labor, por lo tanto, las empresas deben capacitar e instruir a los trabajadores.

Las personas que manejan explosivos deben estar conscientes de la responsabilidad que adquieren y del cuidado que deben tener en respetar las instrucciones que han recibido. Es necesario que se realicen procedimientos de trabajo para todo el proceso de tronaduras que incluya: carguío, almacenamiento, manipulación, transporte y retiro de tiros quedados.

Accidentes más comunes en la manipulación de explosivos Los accidentes más comunes en la manipulación de los explosivos, se deben a la falta de conocimiento y capacitación, lo cual lleva a cometer acciones subestándares como las siguientes:

Uso de materiales inadecuados: Al momento de realizar la perforación de los cartuchos para la colocación de un detonador o cordón detonante, los trabajadores usan otros elementos no indicados, los cuales podrían generar chispas o acumulación de electricidad estática, provocando una detonación adelantada. Para esta labor, los elementos apropiados deben ser un punzón de cobre o madera, lo mismo debe ser para el corte del cordón detonante, ya que es un alto explosivo y por lo tanto debe recibir el mismo tratamiento. Además, muchos de los explosivos son altamente sensibles como es el caso de los fulminantes, muchas veces son mal manipulados o transportados en las vestimentas de los trabajadores, sin advertir el peligro, ya que estos son altamente peligrosos debido a con un pequeño golpe o impacto puede generar la detonación de estos.

Exceso de taqueado: El exceso de taqueado al momento de introducir los explosivos a la perforación, puede generar que el explosivo no detone, provocando tiros quedados o no detonados, generando un alto riesgo, debido a la posibilidad de que no sea detectado en el momento, lo que puede provocar una detonación sin ser advertida

Caída de roca: Cuando se usa el explosivo en sectores subterráneos, muchas veces no se realiza una acuñadora del lugar, generando la posibilidad de que se desprenda material sobre los explosivos, provocando una explosión anticipada y golpeando al personal que se encuentra en el interior.

Detonaciones sin control: Antes de realizar el proceso de tronadura, se debe considerar las condiciones climáticas.

Otros: Existen otros accidentes también comunes que se generan al momento o después de realizar la tronadura. Muchas veces no se toman las medidas necesarias como la correcta señalización, elaboración de cartas de loro, evacuación e información al personal, dejando expuesto a personas y equipos, ya que pueden ser víctimas de la onda expansiva de la tronadura o golpeados por las partículas u objetos que vuelan con gran velocidad. Por este motivo, es necesario mantener despejadas las áreas y respetar distancias mínimas en la evacuación, dependiendo de la carga y del tipo de tronadura. Es importante destacar, que este tipo de eventos es el más común, dañando no sólo a las personas, sino que también a los equipos involucrados.

Emisión de gases tóxicos: Otra práctica muy habitual, es que después que se realice el proceso de tronadura, no se espera lo suficiente para que se ventile el lugar, generando gases altamente tóxicos, tales como:

Monóxido de carbono (CO): Tóxico en la formación en sangre de carboxihemoglobina (envenena).

Dióxido de carbono (CO₂): Causa asfixia por desplazamiento del oxígeno de unión con la hemoglobina.

Gases Nitrosos (NO y NO₂): Son irritantes y corrosivos, por lo cual, que pueden destruir los alvéolos pulmonares.

Dependiendo del tiempo de exposición y nivel de concentración, estos gases pueden provocar inclusive la muerte, por lo tanto, es necesario realizar mediciones de gases y esperar que el área se ventile como mínimo 30 minutos³ antes de ingresar al sector donde se realiza la tronadura. Si niveles de monóxido de carbono, gases nitrosos y concentración de oxígeno son los permitidos (40 ppm de CO; 2,4 ppm de NO₂ y 19,5% de O₂ mínimo)⁴, se procede a autorizar la continuación de actividades en las frentes tronadas, de lo contrario se debe dar más tiempo de ventilación.

Anexo 8: Elementos de protección personal

En la siguiente tabla se enumeran los elementos básicos de protección personal, su función y los requerimientos que deben cumplir.

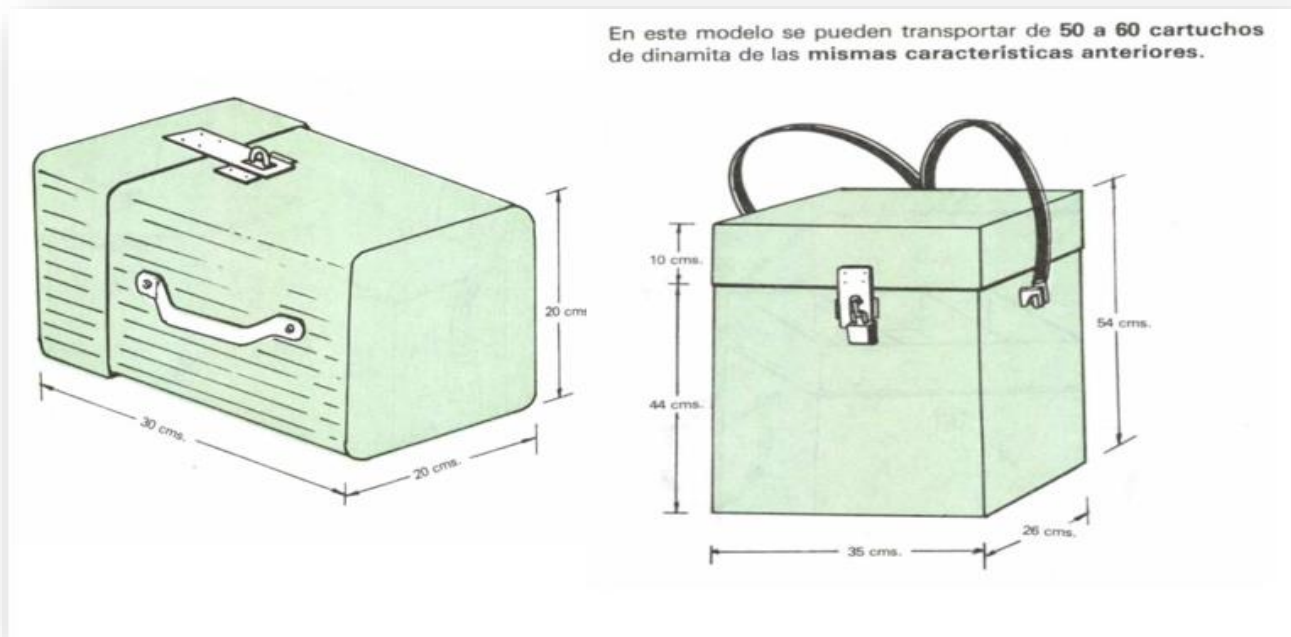
Tabla 9: *Equipo de protección personal (EPP)*

Elemento	Recursos
Casco	Protege la cabeza de caída de rocas o de golpes involuntarios.
lentes	Protegen los ojos de la proyección de partículas, aerosoles y exposición a rayos ultravioleta
Zapatos y/o Botas	Protegen los pies de golpes, y los tobillos de torceduras (caña larga).
Respiradores (trompas y filtros)	Protegen las vías respiratorias del polvo y/o gases.
Audífonos o taponos.	Protegen el sistema auditivo del ruido
Guantes	Protegen manos y antebrazos de golpes o exposición a líquidos o sólidos agresivos,

Nota: Tipos de ropa de protección personal. Fuente: elaboración propia

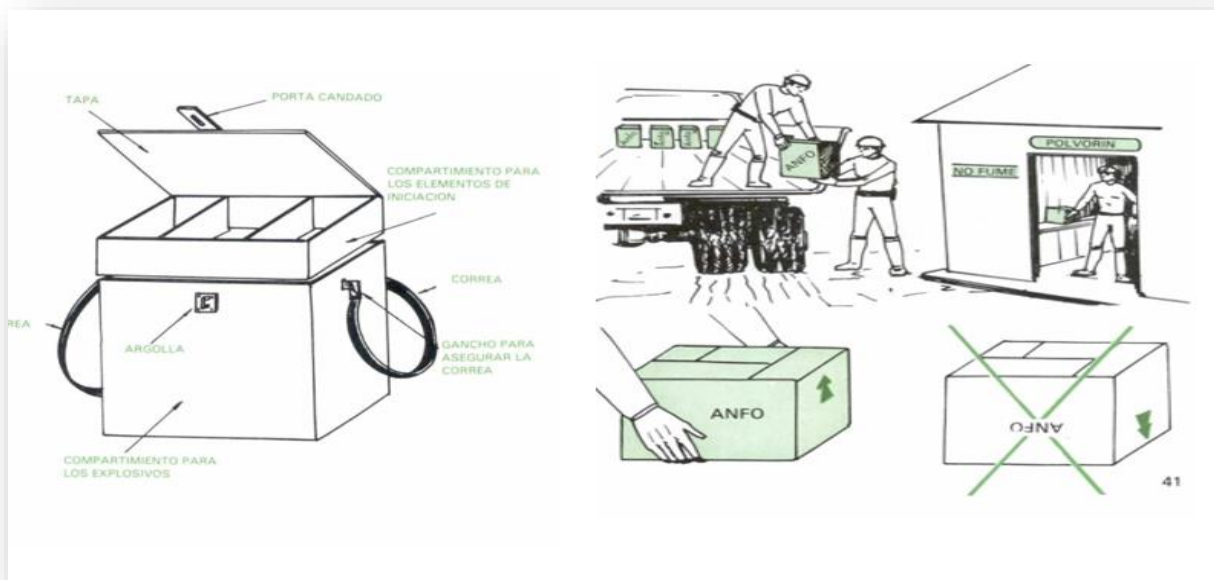
Anexo 9: Imágenes de materiales y herramientas para los explosivos que se propone adquirir.

Figura 37: Cajas para el transporte de explosivos



Nota: cajas apropiadas para el transporte de explosivos en área de trabajo (Centro nacional minera SENA, 2018)

Figura 38: Descarga de explosivos del vehículo



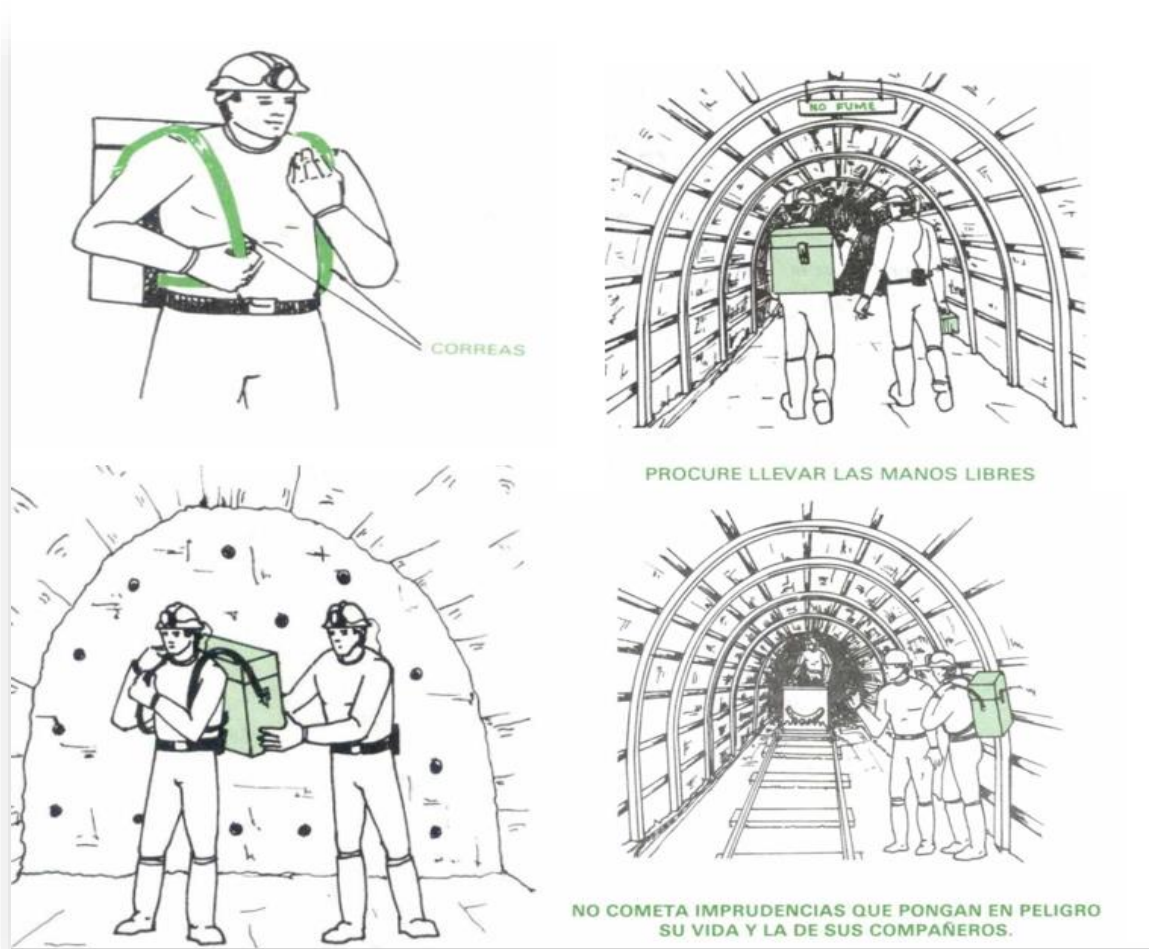
Nota: Descarga correcta de explosivos (Centro nacional minera SENA, 2018)

Figura 39: Carga correcta de explosivos a la caja



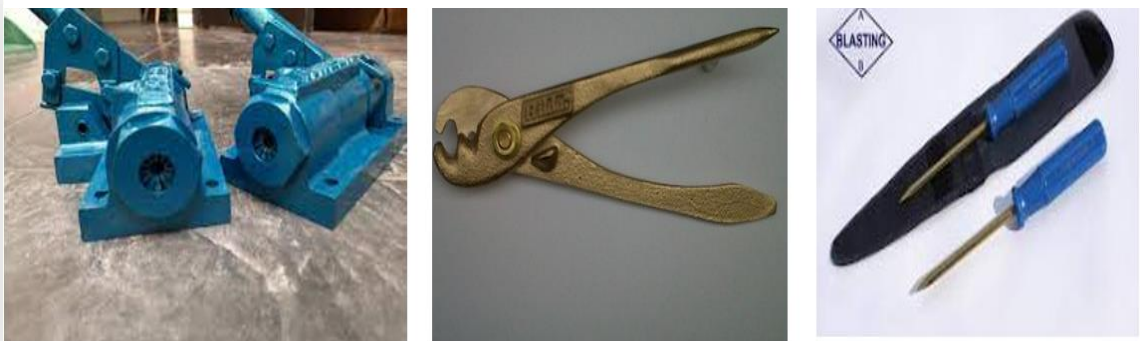
Nota: Carga de explosivos a la caja correctamente (Centro nacional minera SENA, 2018)

Figura 40: Transporte de explosivos



Nota: Transporte correcta de explosivos en el lugar de trabajo (Centro nacional minera SENA, 2018)

Figura 41: Herramientas para preparado de cebos



Nota: Herramientas adecuadas para el preparado de cebos (Servicio nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN), 2013)