UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de carrera titulado:

"ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POLVORINES EN PEQUEÑAS EMPRESAS DE MINERIA"

Realizado por:

MARCO ALEX RODRIGUEZ DALGO

Director de proyecto:

M.Sc FRANZ GUZMAN

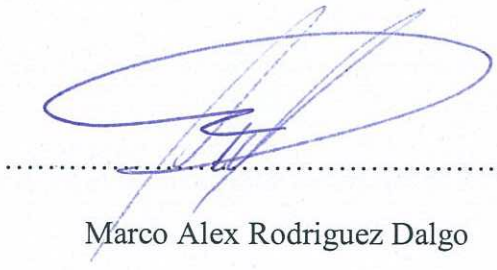
Como requisito para la obtención del titulo de:

INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

QUITO, enero de 2020

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, MARCO ALEX RODRIGUEZ DALGO, con cédula de identidad # 0706458817, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



.....

Marco Alex Rodriguez Dalgo

C.C.: 070645881-7

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación de fin de carrera, titulado

"ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POLVORINES EN PEQUEÑAS EMPRESAS DE MINERIA"

Realizado por el alumno

MARCO ALEX RODRIGUEZ DALGO

Como requisito para la obtención del título de

INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

ha sido dirigido por el profesor

M.Sc FRANZ GUSMAN

quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

.....

M.Sc Franz Gusman

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

M.Sc Aimee Vilaret

M.Sc Monica Cherrez

Después de revisar el trabajo escrito presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral

ante el tribunal examinador.

.....	.....
M.Sc Aimee Vilaret	M.Sc Monica Cherrez

Quito, a 5 de Febero de 2020

INDICE GENRAL

RESUMEN EJECUTIVO 6

ABSTRACT 7

CAPITULO I. INTRODUCCION 8

1.1 Problema de investigación 8

1.1.1 Planteamiento del problema 8

1.1.1.1 Diagnostico del problema 8

1.1.1.2 Pronostico del problema 9

1.1.1.3 Control del pronostico 9

1.1.2 Objetivo general 9

1.1.3 Objetivos específicos 9

1.1.4 Justificación 10

1.2 Marco Teórico 10

1.2.1 Marco legal 10

1.2.2 Estado actual del conocimiento sobre el tema. 11

1.2.2.1 Definiciones 12

1.2.3 Adopción de una perspectiva teórica 17

CAPITULO II. MÉTODO 18

2.1 Tipo de estudio 18

2.2 Modalidad de investigación 18

2.3 Método 18

2.4 Selección de instrumentos de investigación 18

CAPITULO III. RESULTADOS **19**

3.1 Presentación y análisis de los resultados **19**

CAPITULO IV. DISCUSIÓN **34**

4.1 Conclusiones **34**

4.2 Recomendaciones **35**

BIBLIOGRAFIA **37**

ANEXOS **39**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Numero máximo de explosivos utilizados por día en empresas de pequeña minería.....20

Tabla 2. Total, de cajas y peso de explosivos por día.....20

Tabla 3. Cantidad máxima de cajas de explosivos.....21

Tabla 4. Máximo peso de explosivos.....21

Tabla 5. Total, de cajas y peso de mechas por día. 21

Tabla 6. Cantidad máxima de cajas de mechas.....22

Tabla 7.Máxima peso de mechas 22

Tabla 8. Cantidad máxima de fulminantes.....22

Tabla 9. Peso máximo de fulminantes 22

Tabla 10. Compatibilidad de Transporte y Almacenamiento de los Productos.....23

Tabla 11. Distancia del polvorín cuando no tiene bermas de protección.....26

Tabla 12. Distancia del polvorín cuando tiene bermas de protección.....27

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo para el almacenamiento de explosivos principales y mechas. 29

Ilustración 2. Modelo para el apilamiento de explosivos principales y mechas 30

Ilustración 3. Modelo para el almacenamiento de detonadores o fulminantes 30

Ilustración 4. Modelo de polvorín superficial 31

Ilustración 5. Modelo polvorin, pararrayos y extintor 31

Ilustración 6. Tipos de bermas de protección.....32

RESUMEN EJECUTIVO

La elaboración del Manual para almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas de minería, es una herramienta básica que determina el procedimiento correcto de todo el proceso de almacenamiento de explosivos, el cual considera aspectos técnicos de las normas nacionales vigentes y recomendaciones de las instituciones de control correspondientes. Se determinaron las cantidades máximas de almacenamiento de explosivos, con el fin de presentar varios modelos de polvorines para los diferentes explosivos utilizados en las pequeñas empresas de minería en el Ecuador.

PALABRAS CLAVE

Almacenamiento de explosivos, polvorines, explosivos, requisitos técnicos, requisitos legales.

ABSTRACT

The elaboration of the Manual for storage of explosives in small mining companies, is a basic tool that determines the correct procedure of the whole process of storage of explosives, which considers technical aspects of the current national norms and recommendations of the corresponding control institutions. The maximum quantities of explosives storage were determined, in order to present several models of polvorines for the different explosives used in small mining companies in Ecuador.

KEYWORDS

Storage of explosives, polvorines, explosives, technical requirements, legal requirements.

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1 Problema de investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

1.1.1.1 Diagnostico del problema

Debido a la falta de disponibilidad y facilidad para acceder a información de cómo almacenar de manera adecuada explosivos en Ecuador, se han producido una serie de accidentes que han provocado daño a las personas, a la infraestructura y al ambiente, producto de explosiones en polvorines.

En el caso de la pequeña minería, el 86% de la producción nacional de oro proviene de Azuay y El Oro y equivale a 2,9 millones de gramos. El total nacional del 2018 fue de 3,4 millones. Ambas provincias se registran 237 concesiones de pequeña minería metálica.

La pequeña minería es fundamental en la economía del país. Las exportaciones mineras del Ecuador hasta 2018 corresponden a este segmento y en el último año representaron USD 274 millones. (Revista Lideres, 2019)

Pese a que existen leyes y normas técnicas vigentes en el Ecuador para el almacenamiento de explosivos, y el control, de los respectivos entes autorizados, siguen ocurriendo accidentes en las pequeñas empresas mineras en el ecuador, debido a la falta de facilidad para acceder a la información y la unión de los diferentes criterios dados en las diferentes leyes de Ecuador.

El 6 de agosto del 2019 en Zaruma provincia de El Oro se produjo la explosión de un polvorín de una pequeña empresa minera en el sector Santa Marianita donde se reportaron tres fallecidos y varios daños a la infraestructura de la empresa y al medio ambiente, hecho mas reciente de los ocurridos en el país. (El comercio, 2019)

Desde 8 de julio de 1997, fecha en que se produjo la primera explosión de un polvorín, fue en La Balbina, en Quito que dejo 4 personas fallecidas, decenas de heridos y 1200 casas con graves daños y una unidad militar destruida, hasta la ultima explosión en Zaruma citada.

Hasta la presente fecha se hemos tenido mas 20 personas fallecidas, mas de 1000 heridos y grave daños a la infraestructura y el ambiente.

1.1.1.2 Pronostico del problema

Actualmente con la reactivación del sector minero en Ecuador y el aumento de empresas mineras, que utilizan artefactos explosivos, de no facilitarse un procedimiento adecuado para el almacenamiento de explosivos, el numero de personas e infraestructura afectados seguirán aumentando además del daño al ambiente que esto provoca.

1.1.1.3 Control del pronostico

Mediante la recopilación y unificación de un procedimiento amparado por los diferentes entes de control para el almacenamiento de explosivos y recomendación de esta metodología a las empresas se podrá prevenir futuros accidentes.

1.1.2 Objetivo general

Elaborar un manual de procedimientos para el almacenamiento de explosivos, mediante la investigación y recopilación de información existente, con el fin de prevenir futuros accidentes.

1.1.3 Objetivos específicos

Determinar la cantidad máxima de almacenamiento de explosivos para pequeñas empresas de minería

Definir el modelo de polvorín para almacenamiento de explosivos para pequeñas empresas de minería

Determinar el procedimiento para el almacenamiento de explosivos tomando en cuenta la normativa legal vigente

1.1.4 Justificación

La ausencia de un manual para el almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas mineras ha provocado que los trabajadores se encuentren expuestos a factores de riesgo debido a la falta de unificación de criterios para la construcción de polvorines en pequeñas empresas de minería

Por lo tanto, la elaboración de un manual para el almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas mineras permitirá prevenir futuros accidentes laborales que afecten a la integridad de los trabajadores y los bienes de las empresas. Además, se dispondrá de un medio que guíe la construcción de manera correcta de un polvorín.

Además, que el REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN EL AMBITO MINERO, recalca que las pequeñas empresas mineras que no cumplan con las normas expedidas para el almacenamiento de explosivos serán sometidas a sanciones de conformidad a las leyes dispuestas.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Marco legal

Los cuerpos legales analizados en la investigación fueron:

- Ley de minería Registro Oficial No 517

- Decreto Ejecutivo 119. Reglamento de ley de minera.
- Decreto Supremo 3757. Ley sobre armas, municiones, explosivos y accesorios
- Decreto Ejecutivo 169. Reglamento a la ley sobre armas, municiones, explosivos y accesorios.
- Acuerdo Ministerial 1257. Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios
- Resolución 20. Reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito minero.

En los aspectos técnicos se analizaron las siguientes normas:

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN ISO 3864-1:2013 SÍMBOLOS GRÁFICOS. COLORES DE SEGURIDAD Y SEÑALES DE SEGURIDAD.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2266:2013 TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS. REQUISITOS.

1.2.2 Estado actual del conocimiento sobre el tema.

En Ecuador se han llevado acabo varias investigaciones de revisión documental sobre el correcto almacenamiento de explosivos, pero ninguna se asemeja al tema propuesto específicamente para el almacenamiento de explosivos para pequeñas empresas de minería.

Existen varias revisiones documentales , en las que se mencionan procedimientos que se deben tomar en cuenta para el almacenamiento de explosivos, establecidos por organismos de control como la Agencia de regulación y control minero (ARCOM), el Cuerpo de bomberos y el Departamento de control de armas y explosivos del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Ecuador, mismos que tienen un vínculo, con los requisitos de normas técnicas ecuatorianas que deben cumplir los polvorines para su correcta construcción y funcionamiento.

Sin embargo, es muy importante ampliar los objetos de estudio, ya que un manual de procedimientos, se considera una línea base para unificar los procedimientos correctos para el almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas de minería.

El propósito del manual es definir los requisitos, enfocados en el correcto almacenamiento de explosivos para las pequeñas empresas de minera, ya que la falta de la unificación de estos criterios ha provocado graves accidentes.

1.2.2.1 Definiciones

La ley de minería define que:

Pequeña Minería. - Se considera pequeña minería a aquella que, en razón del área de las concesiones, volumen de procesamiento y producción, monto de inversiones y condiciones tecnológicas, tengan:

a) Una capacidad instalada de explotación y/o beneficio de hasta 300 toneladas métricas por día.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE, los términos a considerar, son los siguientes:

a) **Agentes de voladura:** Material explosivo o mezcla de combustibles y oxidantes (nitrato de amonio) empleados para voladuras (anfos, emulsiones, hidrogeles, etc.), insensibles a los fulminantes ordinarios, eléctricos y no eléctricos.

b) **Accesorios de voladura**: Dispositivos complementarios utilizados en voladuras, distintos a las cargas de iniciación y principales, entre los cuales se encuentran: detonadores, mechas, cordón detonante, retardadores, explosores, cables eléctricos, etc.

c) **Anfo normal:** Mezcla de nitrato de amonio y diésel.

d) **Anfo aluminizado:** Mezcla de anfo normal y aluminio.

e) **Cables eléctricos:** Conductor que transmite energía eléctrica desde el explosor al fulminante.

f) **Cebos:** Cartucho o paquete de explosivos tales como dinamita e iniciadores fundidos, que unidos a un fulminante (detonador) o cordón detonante aseguran la iniciación del conjunto de mezclas explosivas.

g) **Cordón detonante**: Cordón flexible, cuyo núcleo contiene un explosivo violento, el cual sirve para detonar otros explosivos con los que entra en contacto.

h) **Conectores de retardo para el cordón detonante:** Sistema de retardo no eléctrico que se utiliza con el cordón detonante, especialmente en trabajos de superficie.

i) **Detonador (estopín):** Fulminante, constituido por un casquillo metálico, que puede ser de latón, aluminio o cobre, en cuyo interior se encuentra una pequeña cantidad de un explosivo primario, capaz de hacer detonar una carga explosiva. Se incluyen las cápsulas regulares, eléctricas y no eléctricas.

j) **Dinamita:** Explosivo de alta potencia, compuesto básicamente de nitroglicerina, material oxidante (nitrato de amonio o sodio) y elementos combustibles (aserrín, cascara de arroz o afrecho de trigo), que se utiliza en voladuras.

k) **Deflagrante (bajos explosivos):** Explosivos en los que sus elementos se queman progresivamente durante un período de tiempo muy corto sin desarrollar una onda de choque, tal como la pólvora negra.

l) **Detonante (altos explosivos):** Explosivos en los que sus elementos se descomponen rápidamente produciendo una fuerte onda de choque, tal como las dinamitas, pentolitas, TNT, etc.

m) **Emulsión:** Mezclas de combustibles y oxidantes en un medio acuoso, con adición de un agente emulsificante.

n) **Explosivo:** Sustancia o mezclas de sustancias que una vez cebadas reaccionan con el propósito común de producir una detonación, comprenden dos grupos: a) bajos explosivos y b) altos explosivos. Cuando están encerradas en depósitos resistentes tienen una gran acción destructora. Se incluyen en este grupo los materiales sensibles a los fulminantes.

o) **Explosores:** Generadores de energía eléctrica, que se utilizan para hacer detonar cargas explosivas cebadas con fulminantes eléctricos.

p) **Fulminantes ordinarios:** Dispositivos constituidos por una cápsula cilíndrica de aluminio, cobre o latón que contienen en su interior una pequeña carga explosiva sensible a la ignición. Se utilizan para iniciar la detonación de una carga mediante mecha lenta.

q) **Fulminantes eléctricos:** Dispositivos activados por corriente eléctrica que transmiten la energía por medio de alambres hasta iniciar la carga primaria. Se incluyen los fulminantes instantáneos y los de retardo.

r) **Fulminantes no eléctricos:** Dispositivos constituidos por un tubo plástico transmisor que contiene en su interior una película muy delgada de explosivo, que transmite la onda hacia el fulminante a una velocidad promedio de 1800 m/s. Se utilizan como accesorios de iniciación de cargas explosivas.

s) **Gelatinas de agua:** Dinamita de aspecto gelatinoso, apta para trabajos en presencia de agua.

t) **Hidrogel:** Mezcla de combustibles, oxidantes (nitrato de amonio) en un medio acuoso y un aditivo gelificante.

u) **Iniciadores:** Son mezclas de explosivos primarios que sirven para dar inicio a otros explosivos menos sensibles.

v) **Mecha lenta:** Cordón flexible que contiene en su interior pólvora negra, la cual transmite el fuego a una velocidad constante, desde su encendido hasta el fulminante ordinario colocado en su parte final.

w) **Mecha rápida:** Cordón flexible que contiene en su interior dos alambres, uno de cobre y otro de hierro, cubiertos de un material plástico impermeable.

x) **Operador de voladura:** Persona entrenada en el uso, almacenamiento, manejo y transporte de explosivos.

y) **Persona calificada:** Persona responsable de la custodia del polvorín, que conoce de las normas de seguridad en la manipulación y almacenamiento de explosivos, así como también de técnicas para el control de registros.

z) **Poder rompedor (brisance):** Es la característica que tienen los explosivos para fracturar las rocas.

aa) **Pólvora negra:** Explosivo constituido por mezclas de azufre, carbón y nitrato de potasio o sodio.

bb) **Polvorín:** Construcción apropiada para el almacenamiento de materiales explosivos.

cc) **Potencia:** Propiedad de un explosivo medida por diversos métodos y que expresa la capacidad del mismo para realizar un trabajo.

dd) **Potencia relativa:** Relación en peso entre la fuerza que desarrolla el explosivo y la fuerza que desarrolla la dinamita.

ee) **Retardador:** Dispositivo que contiene una carga explosiva que produce un retardo de tiempo predeterminado entre la iniciación y detonación de la carga. Pueden ser eléctricos y no eléctricos.

ff) **Resistencia al agua de un explosivo:** Es la capacidad de resistir una prolongada exposición al agua sin deteriorarse ni perder sus características.

gg) **Sensibilidad:** Es la determinación de la capacidad de propagación del explosivo; esto es, si al detonar un cartucho de dinamita, puede iniciar la detonación de otro cartucho vecino.

hh) **Sensitividad:** Es la medida de la capacidad de iniciación de un explosivo.

ii) **Tubo de impulso:** Material plástico que contiene en su interior una carga explosiva, que se utiliza con los mismos fines que el cordón detonante. Es componente de los fulminantes no eléctricos.

jj) **Velocidad de detonación:** Velocidad a la que se propaga la onda de detonación en una carga explosiva en un medio sin confinar (m/s).

kk) **Voladura:** Fragmentación de la roca u otros materiales sólidos mediante explosivos confinados en huecos (barrenos) o adosados a su superficie.

1.2.3 Adopción de una perspectiva teórica

Ecuador no cuenta con normativa especifica para el almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas de minera, ni tampoco cuenta con registros o datos relevantes de accidentes producidos por polvorines, de igual manera no existen datos de cuantos polvorines hay construidos y del control que se lleva de ellos.

Los requisitos que se deben cumplir para el almacenamiento de explosivos están en diferentes leyes y reglamentos, dichos requerimientos se repiten en diferentes cuerpos legales, mientras que en otros se obvian algunos, de manera que muchas veces se pueden llegar a interpretar para beneficio de algunos, que puede dar como resultado graves accidentes, por lo cual se requieren unificar criterios enmarcados en una Norma técnica Ecuatoriana.

Existen inspecciones a los polvorines por parte de los entes de control, de dichos procedimientos emitidos por cada uno, pero por el problema antes mencionado se deben unificar criterios mas profundos basados en la norma, para el correcto almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas de minera.

Para le elaboración del manual para el almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas de minería, se tomará en cuenta todos los procedimientos y requisitos técnicos publicados por organismos como: Servicio Ecuatoriano de normalización (INEN), Agencia de regulación y control minero (ARCOM), Cuerpo de bomberos, Comando conjunto de las fuerzas Armadas (Departamento de control de armas y explosivos) y Ministerio de ambiente.

Este proyecto se sustentará en la recopilación de datos, será complementado con visitas de campo y entrevistas a personas clave. Para de tal manera evidenciar la situación actual de los polvorines en pequeñas empresas de minería. Por lo tanto, será necesario profundizar en temas técnicos que involucran el correcto almacenamiento de explosivos.

CAPITULO II. MÉTODO

2.1 Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo exploratorio y descriptivo, ya que se basa en revisiones bibliográficas de normas técnicas y documentos legales nacionales en materia de almacenamiento de explosivos.

2.2 Modalidad de investigación

Se realizará un estudio documental de normas técnicas nacionales de almacenamiento de explosivos y documentos legales de organismos nacionales al respecto.

2.3 Método

Se utilizará el método inductivo - deductivo, ya que el estudio será un análisis específico de todos los procesos que involucran el almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas mineras.

2.4 Selección de instrumentos de investigación

La presente investigación se realizará mediante un análisis de las normas técnico-legales para el almacenamiento de explosivos, para el análisis se utilizará reglamentación técnica y legal aplicable en el Ecuador.

Se realizará un estudio campo apoyado en una investigación documental, mediante el acceso a bibliografía física y digital de los temas a investigar.

Observación: Para la presente investigación se visito los polvorines construidos en varias empresas de pequeña minería, previamente aprobados por los entes de control correspondientes.

Entrevistas: Se realizo entrevistas a los encargados de realizar las inspecciones de los polvorines, por parte del Cuerpo de Bomberos, Agencia de regulación y control minero (ARCOM), Ministerio del Ambiente y así también como del departamento de control de armas y explosivos, del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

Además, se realizo entrevistas a varios dueños de pequeñas empresas de minería, como a los responsables del manejo de los polvorines, con mas 25 años de experiencia en el sector minero, con polvorines legales aprobados por los respectivos organismos de control.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1 Presentación y análisis de los resultados

La ley y reglamento de minería vigente, establece que las empresas, sociedades, cooperativas, asociaciones, condominios y personas naturales de pequeña minería, pueden extraer hasta 300 toneladas métricas de material por día, en base a esto se realizo un calculo matemático para determinar la cantidad máxima de explosivos que se puede almacenar en los polvorines en un mes, tomando en cuenta los limites máximos de uso de explosivos y no las mejores condiciones de trabajo.

Explosivo principal

Tabla 1. Numero máximo de explosivos utilizados por día en empresas de pequeña minería

1 TURNO		
Frente de trabajo	Toneladas por dia	Numero de explosivos utilizados por dia
1	20	40
2	20	40
3	20	40
4	20	40
5	20	40
6	20	40
7	20	40
8	20	40
9	20	40
10	20	40
11	20	40
12	20	40
13	20	40
14	20	40
15	20	40
TOTAL x DIA	300	600

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Total, de cajas y peso de explosivos por día

1 TURNO			
	Cajas de explosivos	Cantida de explosivos por caja	Peso por caja (kg)
	1	200	25
	1	200	25
	1	200	25
TOTAL x DIA	3	600	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Cantidad máxima de cajas de explosivos

CANTIDAD MAXIMA DE CAJAS DE EXPLOSIVOS			
Turnos	Cajas x dia	Dias	TOTAL CAJAS
2	3	30	**180**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Máximo peso de explosivos

MAXIMO PESO DE EXPLOSIVOS			
Turnos	Peso por dia (kg)	Dias	Peso total (kg)
2	75	30	**4500**

Fuente: Elaboración propia

Mechas Lentas

Tabla 5. Total, de cajas y peso de mechas por día.

1 TURNO			
	Cajas de mechas	Cantida de mechas por caja	Peso por caja (kg)
	1	200	23,4
	1	200	23,4
	1	200	23,4
TOTAL x DIA	3	600	70,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Cantidad máxima de cajas de mechas

CANTIDAD MAXIMA DE CAJAS DE MECHAS			
Turnos	Cajas x dia	Dias	TOTAL CAJAS
2	3	30	**180**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.Máxima peso de mechas

MAXIMO PESO DE MECHAS			
Turnos	Peso por dia (kg)	Dias	Peso total (kg)
2	70,2	30	**4212**

Fuente: Elaboración propia

Detonadores o Fulminantes

Tabla 8. Cantidad máxima de fulminantes

CANTIDAD MAXIMA DE FULMINTANES			
Turnos	fulminantes x dia	Dias	TOTAL FULMINATES
2	600	30	**36000**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Peso máximo de fulminantes

PESO MAXIMO FULMINANTES		
Cajas de fulminantes	Cantidad por caja	Peso por cajas (kg)
1	10000	19,6
1	10000	19,6
1	10000	19,6
1	10000	19,6
4	40000	**78,4**

Fuente: Elaboración propia

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE, define cuales son los requisitos que se deben cumplir para el Almacenamiento de explosivos.

Almacenamiento:

El almacenamiento de explosivos se debe realizar en lugares seguros construidos específicamente para esta finalidad denominados polvorines.

No se debe permitir el almacenamiento de cantidades de explosivos que sobrepasen el 70 % de la capacidad del polvorín, ya que el 30 % restante debe destinarse para zonas de circulación y ventilación.

No se deben almacenar en un mismo polvorín explosivos ó agentes de voladuras que pertenezcan a grupos diferentes, dentro de la siguiente clasificación:

a) detonadores y retardadores

b) mecha de seguridad (lenta y rápida)

c) cebos y cordón detonante

d) dinamita

e) agentes de voladura

Tabla 10. Compatibilidad de Transporte y Almacenamiento de los Productos

Producto	Dinamitas y Emulsiones	Mecha de Seguridad	Fulminante Común	Conectores	Mecha Rápida	Fanel	Cordón Detonante	Retardos de Cordón	Booster	Fulminante Eléctrico	Nitrato de Amonio/ SUPERFAM	Famecorte
Dinamitas y Emulsiones	x	x		x	x		x		x		x	x
Mecha de Seguridad	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fulminante Común		x	x	x	x	x		x		x		
Conectores	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mecha Rápida	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fanel		x	x	x	x	x		x		x		
Cordón Detonante	x	x		x	x		x		x		x	x
Retardos de Cordón Detonante		x	x	x	x	x		x		x		
Booster y Demoledor de Banco	x	x		x	x		x		x		x	x
Fulminante Eléctrico		x	x	x	x	x		x		x		
Nitrato de Amonio / SUPERFAM	x	x		x	x		x		x		x	x
Famecorte	x	x		x	x		x		x			x

Fuente: FAMESA EXPLOSIVOS SAC

Los explosivos y agentes de voladuras, cuando estén almacenados dentro de los polvorines, deben apilarse de manera tal que faciliten la estabilidad, la revisión de las unidades de empaquetamiento y el retiro de los materiales más antiguos y además:

El almacenamiento y descarga de dinamita y detonadores se debe efectuar manualmente y con máximo cuidado a fin de evitar golpes y roces contra las cajas; se debe evitar la caída accidental de cajas durante la carga ó descarga en el almacenamiento.

Las cajas que contienen explosivos se deben mantener en pilas de almacenamiento de amplia base y poca altura (hasta 1,6 m) y deben estar asentadas sobre estibas de madera, para evitar que éstas estén en contacto directo con el piso.

Las cajas deben estar separadas de la pared a 1m para protegerlas de una posible humedad.

Las cajas deben estar separadas entre sí en un espacio mínimo de 10 cm en el apilamiento, para facilitar la ventilación.

Las estibas de madera deben estar separadas entre sí en un espacio mínimo de 1 m para zonas de tránsito. Siempre debe tomarse en consideración que el explosivo que primero entra es el que primero sale, con la finalidad de tener una adecuada rotación de todos los productos.

Los polvorines siempre deben mantenerse totalmente limpios, frescos y debidamente ventilados, con una adecuada disposición de las ventanas, para lo cual se debe efectuar el mantenimiento de manera periódica.

Los polvorines deben tener las siguientes características:

Los pisos, techos y el área alrededor de los polvorines (en un radio mínimo 20 m), se deben mantener limpios, libres de materiales, restos combustibles y vegetación que puedan propagar un incendio.

La iluminación artificial de las áreas exterior e interior de los polvorines se debe realizar por medio de reflectores a distancia o con sistemas de iluminación especialmente diseñados y aprobados para este fin.

Los polvorines y sus áreas adyacentes deben poseer un sistema eficiente de drenaje.

Los polvorines deben tener una zona más débil y ésta generalmente es el techo, con la finalidad de que, si existe alguna detonación, la onda explosiva salga dirigida hacia la parte superior.

Todo polvorín debe tener un sistema de pararrayo, debidamente aislado de la estructura del edificio y que cubra su área total.

Los polvorines deben mantenerse cerrados y vigilados en todo momento, excepto en caso de inventarios, inspecciones y movimiento de material explosivo.

A los polvorines sólo tendrán acceso las personas autorizadas para almacenar o retirar explosivos.

No se permite fumar, portar y manipular fósforos, encendedores, armas de fuego, o municiones e instrumentos que puedan producir chispas o fuego; tampoco se debe mantener depósitos de material combustible dentro de un área de 20 m a la redonda de cualquier polvorín.

Se prohíbe la apertura, envasado y re envasado de explosivos en el interior o en los alrededores de un polvorín, en un radio mínimo de 20 m.

Cuando sea necesario realizar la limpieza ó reparación del polvorín, se debe retirar previamente el explosivo que allí se encuentra almacenado hasta cuando haya concluido la operación que se está realizando.

Se deben colocar letreros que indiquen la existencia de materiales explosivos en los alrededores de los polvorines, en un radio aproximado de 25 m, con la finalidad de que ninguna persona no autorizada se acerque a dicha instalación.

El polvorín debe disponer de una vía de acceso adecuada, con la finalidad de que un vehículo pueda ingresar a descargar los explosivos sin ningún problema.

La ubicación del polvorín debe estar sujeta a las distancias establecidas por las siguientes tablas:

Tabla 11. Distancia del polvorín cuando no tiene bermas de protección

Cantidad de explosivos(kg)		Distancia (m)			
De:	A:	Edificios Habitados	FF.CC Públicos *	Carretera Pública	Separación de polvorines
—	4,54	44,9	27,5	13,8	18,3
4,54	11,4	44,3	27,5	13,8	18,3
11,4	22,8	44,3	27,5	13,8	18,3
22,8	45,4	73,2	42,7	21,4	24,4
45,4	90,8	109,8	67,1	33,5	30,5
90,8	136,2	158,6	94,6	47,8	36,6
136,2	181,6	195,2	115,9	58	39,7
181,6	227	219,6	131,2	67,1	42,7
227	272,4	244	146,4	73,2	45,8
272,4	317,8	262,3	158,6	79,3	48,8
317,8	363,2	280,3	167,8	85,4	50,4
363,2	408,6	300	180	91,5	52
408,6	454	311	186	94,6	58
454	681	323,3	195,2	97,6	64,5
681	908	366	219,6	109,8	70,15
908	1362	396,5	238	119	79,3
1362	1816	433,1	259,3	128,1	85,4
1816	2270	457,5	274,5	137,3	91,5
2270	2724	457,8	286,7	143,5	91,5
2724	3178	491,5	296	149,5	91,5
3178	3632	506,3	305	152,5	91,5
3632	4086	518,5	311,1	155,6	91,5
4086	4540	530,7	317,2	158,5	91,5
4540	6810	543	326,4	161,7	91,5
6810	9080	594,8	356,9	176,9	91,5

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Tabla 12. Distancia del polvorín cuando tiene bermas de protección

Cantidad de explosivos(kg)		Distancias (m)			
De:	A:	Edificios Habitados	Vías Férreas	Carreteras Públicas	Separación de los polvorines
1	2,5	21	9	9	4
2,5	4,5	27	11	11	4,5
4,5	9	35	14	14	5
9	13	38	15	15	5,5
13	18	42	17	17	6
18	22	45	18	18	4
22	34	51	21	21	4,5
34	45	58	23	23	5
45	56	60	24	24	5,5
56	68	65	26	26	6
68	90	71	29	29	6,5
90	115	77	32	32	7
115	135	82	33	33	7,5
135	180	90	36	36	8
180	225	97	40	40	8,5
225	270	103	41	41	9
270	315	108	44	44	10
315	360	114	46	46	10
360	410	118	47	47	10,5
410	455	122	49	49	11
455	545	129	52	50	12
545	635	137	55	52	12,5
635	725	143	58	53	13
725	815	149	59	55	13,5
815	910	154	62	56	14
910	1.130	166	67	58	15
1.130	1.360	176	71	59	16
1.360	1.810	193	77	64	17,5
1.810	2.270	208	84	68	18,5
2.270	2.720	222	90	71	20,0
2.720	3.180	234	94	74	21
3.180	3.630	243	97	76	22
3.630	4.080	254	102	77	23
4.080	4.540	263	105	79	24
4.540	5.440	266	112	82	25

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Una vez establecidos todos los puntos que se deben cumplir para almacenamiento de explosivos, en base a la norma y cálculos matemáticos podemos definir otros datos para el almacenamiento de explosivos para pequeñas empresas de minera.

Se deben construir tres polvorines:

- Polvorín para explosivos principales
- Polvorín para mechas lentas
- Polvorín para detonadores o fulminantes

El polvorín con bermas de protección debe estar a:

- 263 metros de distancia del campamento
- 79 metros de distancia de la vía mas publica mas cercana.

Y además deben tener:

- 24 metros de distancia entre polvorines.

Cada uno de los tres polvorines deben tener una capacidad máxima de almacenamiento correspondiente de:

- 180 cajas o 4500 kg de dinamita
- 180 cajas o 4212 kg de Mechas
- 4 cajas o 78,4 kg de fulminantes

El polvorín de explosivos y mechas debe tener como mínimo las siguientes medidas:

- 9,60 m de largo x 9,60 ancho x 2,50 m de alto

El polvorín de detonadores o fulminantes debe tener como mínimo las siguientes medidas:

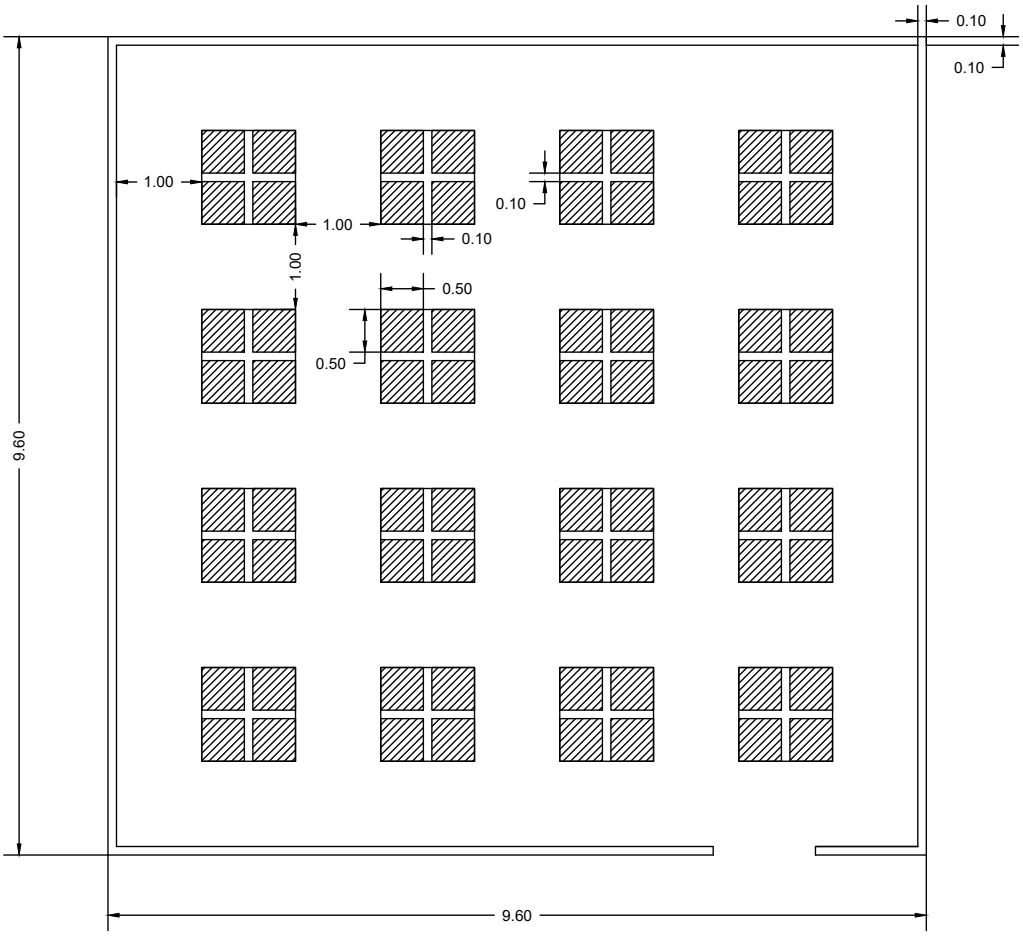
- 3,30 m de largo x 3,30 m de ancho x 2 m de alto

Se pueden apilar hasta tres cajas de altura, tomando en cuenta que cada caja estándar de explosivos principales, detonadores o fulminantes y mecha lenta mide 50 cm de altura x

50 cm de ancho, además cada polvorín según el cuerpo de bomberos debe tener un extintor, una barra de descarga a tierra y esta totalmente prohibido tener o usar teléfonos celulares dentro de los polvorines.

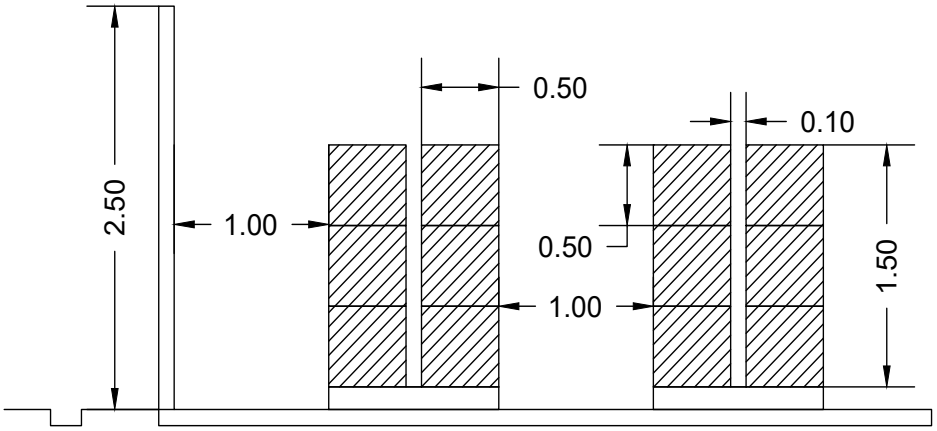
Como se muestra a continuación:

Ilustración 1. Modelo para el almacenamiento de explosivos principales y mechas.



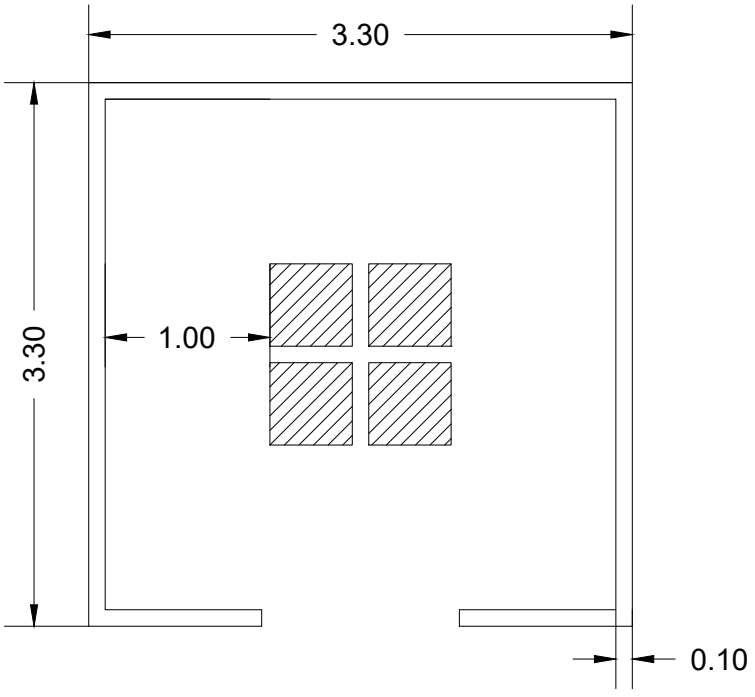
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2. Modelo para el apilamiento de explosivos principales y mechas



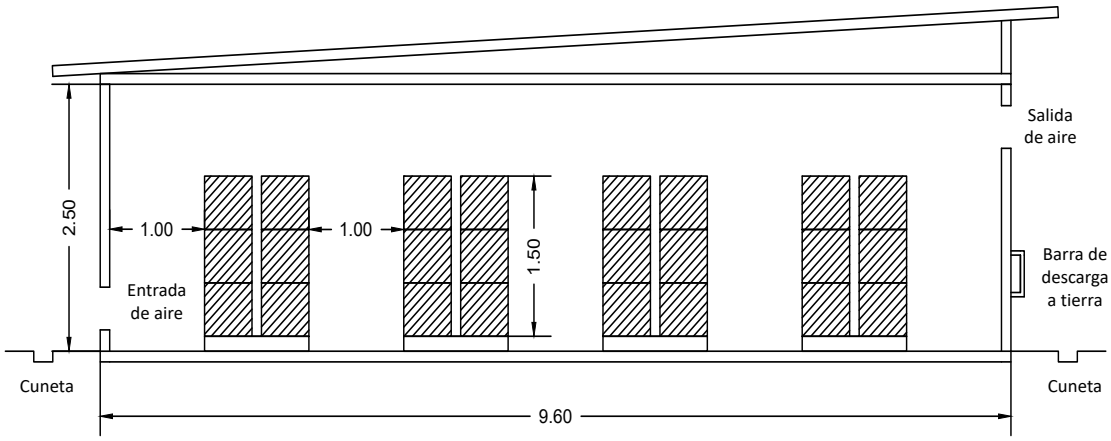
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3. Modelo para el almacenamiento de detonadores o fulminantes



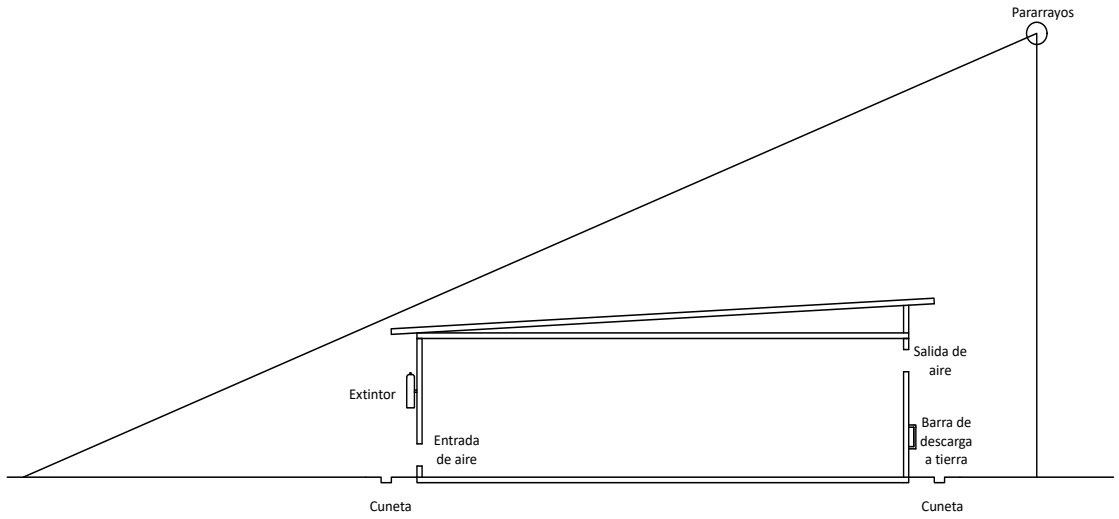
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4. Modelo de polvorín superficial



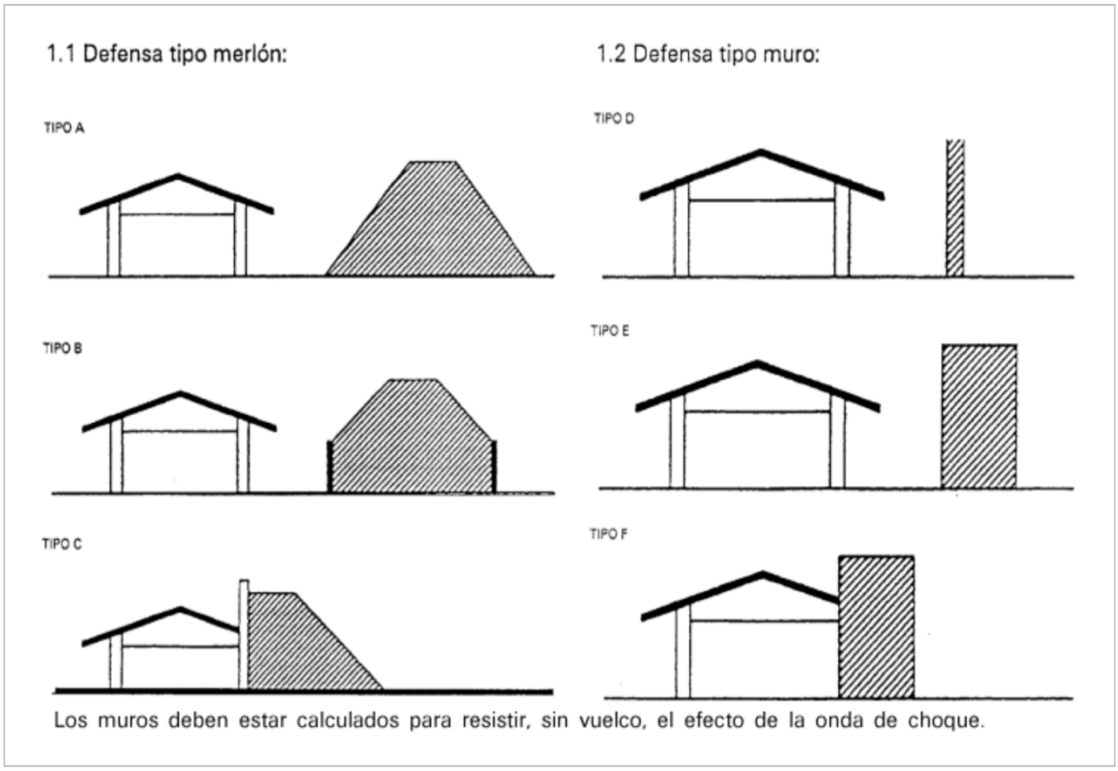
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5. Modelo polvorin, pararrayos y extintor



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6. Tipos de bermas de protección



Fuente: Reglamento de explosivos (España)

El proceso para el inicio de la construcción de los polvorines inicia junto con todo el proyecto de pequeña minera, es decir una vez aprobada la factibilidad del proyecto de pequeña minera, los polvorines inician su construcción junto con la construcción de todo el campamento minero, para esto ya deber existir planos de todas las obras de infraestructura que se requieren junto con los polvorines, teniendo en cuenta todos los datos técnicos antes mencionados.

Antes de empezar la construcción de las obras de infraestructura entre ellos los polvorines, se debe tramitar el premiso de Uso de Suelos, que es otorgado por el municipio del cantón donde se encuentra ubicado el proyecto, los requisitos para este permiso son:

- Titulo minero o contrato de operación
- Autorización del dueño de la tierra ya sea mediante:

    - Uso de servidumbre
    - Contrato de arrendamiento
    - Acta de autorización protocolizada en una notaria
- Registro único de contribuyentes (RUC)
- Planos de construcción de las obras infraestructura y polvorines
- No tener valores pendientes de pago de los predios rústicos
- Pago de valor del permiso

Una vez obtenido el permiso de Uso de Suelos, se puede iniciar la construcción de las obras de infraestructura incluyendo los polvorines.

Finalizada la obra de construcción de los polvorines se deber obtener el permiso del cuerpo de bomberos, que es otorgado por el organismo antes mencionado, del cantón donde se encuentra ubicado los polvorines, los requisitos para este permiso son:

- Aprobar la inspección del cuerpo de bomberos.
- Pago de valor del permiso

En esta inspección se tomará en cuenta todo lo concerniente a la prevención de incendios en los polvorines ya antes mencionado en la norma.

Obtenido el permiso del cuerpo de bomberos se debe iniciar el tramite de el permiso para el Consumo de Explosivos, otorgado por el Departamento de control de armas y explosivos del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

Para ello se debe presentar una declaración juramentada de la cantidad de explosivos que se va a consumir en el mes, a la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM). Los requisitos para obtener el permiso de consumo de explosivos son:

- Planos de polvorines
- Permiso de uso de suelos
- Permiso del cuerpo de bomberos

- Certificado emitido por ARCOM de la cantidad de explosivos a consumir en el mes
- Pago del valor del permiso
- Aprobar la inspección de los polvorines

Una vez otorgado el permiso los polvorines se encuentran listos para iniciar su uso.

El Manual para la construcción de polvorines en pequeñas empresas de minería se encuentra en el Anexo 1.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

4.1 Conclusiones

La investigación determino que la cantidad máxima de explosivos utilizados en las pequeñas empresas de minería son:

- 180 cajas o 4500 kg de explosivos principales
- 180 cajas o 4212 kg de mechas lentas
- 4 cajas o 78,4 kg de fulminantes

Se determino que el modelo de polvorín para pequeñas empresas mineras es el que esta expuesto en el capitulo III de resultados de la presente investigación

Se determino que el procedimiento para el almacenamiento de explosivos para pequeñas empresas de minería tomando en cuenta la normativa legal vigente son:

Primero se deben realizar los planos de los polvorines tomando en cuenta todos los requisitos técnicos presentado en esta investigación, para luego proseguir a la construcción de este.

Segundo tramitar los permisos correspondientes como: permiso de uso de suelos, permiso de bomberos y permiso de consumo de explosivos.

Tercero aprobar las inspecciones por los entes de control correspondientes, Cuerpo de Bomberos, Departamento de control de armas y explosivos del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Ecuador.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda, que todas las pequeñas empresas de minería en el Ecuador que van a almacenar explosivos utilicen el manual elaborado en esta investigación, para el correcto almacenamiento de estos.

El servicio ecuatoriano de normalización (INEN), debe actualizar las normas correspondientes sobre el almacenamiento de explosivos, ya que dichas normas no especifican algunos parámetros técnicos que se deben tener en cuenta, y de igual manera adoptar otras normas especificas para el almacenamiento de explosivos en empresas mineras.

Los entes de control correspondientes deben mejorar sus programas de capacitación a el personal de inspección de polvorines, ya que ellos juegan un papel muy importante en la aprobación para el funcionamiento de los polvorines en las pequeñas empresas de minería.

Es preciso vincular a las empresas mineras, en la adopción de nuevas normas técnicas de almacenamiento de explosivos, para que un futuro dichas normas expedidas por el

servicio ecuatoriano de normalización (INEN), sean asentadas a la realidad de las empresas mineras del país.

BIBLIOGRAFIA

El comercio. (06 de Agosto de 2019). *EL COMERCIO*. Obtenido de EL COMERCIO: https://www.elcomercio.com/actualidad/fallecidos-explosion-mina-zaruma-polvorin.html

La hora. (30 de Marzo de 2003). *la Hora Ecuador*. Obtenido de La hora: https://lahora.com.ec/noticia/1000152201/polvorines-amenazan

Revista Lideres. (08 de Julio de 2019). *REVISTA LIDERES ECUADOR*. Obtenido de LÍDERES: https://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-empresas-mineras-mineria-negocios.html

REGLAMENTO A LA LEY SOBRE ARMAS, MUNICIONES, EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS. (12 de Septiembre de 2012). *MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL.* Obtenido de MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/Reglamento-a-la-ley-sobre-armas-municiones-explosivos-y-accesorios.pdf

LEY DE MINERIA. (21 de Mayo de 2018). *MINISTERIO DEL AMBIENTE.* Obtenido de MINISTERIO DEL AMBIENTE: http://www.controlminero.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/Ley-de-Mineri%CC%81a-21-mayo-2018.pdf

REGLAMENTO DE LEY DE MINERIA. (25 de Noviembre de 2015). *ENAMI EP.* Obtenido de EMPRESA NACIONAL MINERA: https://www.enamiep.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/09/Reglamento-Ley-de-Mineria.pdf

REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN EL AMBITO MINERO. (14 de Mayo de 2014). *AGENCIA DE REUGLACIÓN Y CONTROL MINERO.* Obtenido de ARCOM: http://www.controlminero.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Reglamento-de-Salud-y-Seguridad-en-el-Trabajo-del-Ambito-Minero.pdf

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE. (01 de Marzo de 2000). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.* Obtenido de INEN: http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2266:2013 TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS. REQUISITOS. (01 de Enero de 2013). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.* Obtenido de INEN: http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/

Norma Técnica Ecuatoriana INEN ISO 3864-1:2013 SÍMBOLOS GRÁFICOS. COLORES DE SEGURIDAD Y SEÑALES DE SEGURIDAD. (01 de Enero de 2013). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.* Obtenido de INEN: http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/

Ley sobre armas, municiones, explosivos y accesorios. (09 de Marzo de 2009). *MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL.* Obtenido de MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/LEY_SOBRE_ARMAS_MUNICIONES_EXPLOSIVOS_Y_ACCESORIOS.pdf

REGLAMENTO DE PREVENCION, MITIGACION Y PROTECCION CONTRA INCENDIOS. (02 de Abril de 2009). *GOB.EC.* Obtenido de Portal unico de tramites ciudadanos: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-

11/REGLAMENTO%20DE%20PREVENCION%2C%20MITIGACION%20Y%20PROTECCI%C3%93N%20CONTRA%20INCENDIOS.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Manual para el almacenamiento de explosivos en pequeñas empresas de minería