

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INSTITUTO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN**



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Reducción de accidentes mediante el mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas en la cía. minera Chungar S.A.A. – 2017

Línea: Geotecnia, evaluación de riesgos, tratamiento de afluentes

Sub línea: Minería y seguridad ocupacional

Responsable: Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ

Integrantes: Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA
Ing. Rosas FLORES MEJORADA
Dr. Ricardo CABEZAS LIZANO
Ing. Ramiro SIUCE BONIFACIO
Mg. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO
Ing. Raúl Delfín CÓNDOR BEDOYA
Mg. Edgar Yoni AIRE MENDOZA
Mg. Mateo LEANDRO FLORES

Cerro de Pasco – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INSTITUTO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN**



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Reducción de accidentes mediante el mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas en la cía. minera Chungar S.A.A. – 2017

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado de la jornada científica

Dr. Favio Maximo MENA OSORIO

PRESIDENTE

Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS

MIEMBRO

EQUIPO INVESTIGADOR:

RESPONSABLE

Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ (E.F.P. Minas)

INTEGRANTES

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA (E.F.P. Minas)

Ing. Rosas FLORES MEJORADA (E.F.P. Minas)

Dr. Ricardo CABEZAS LIZANO (E.F.P. Minas)

Ing. Ramiro SIUCE BONIFACIO (E.F.P. Metalúrgia)

Mg. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO (E.F.P. Metalúrgia)

Ing. Raúl Delfín CÓNDOR BEDOYA (E.F.P. Sistemas y Computación)

Mg. Edgar Yoni AIRE MENDOZA (E.F.P. Metalúrgia)

Mg. Mateo LEANDRO FLORES (E.F.P. Contabilidad)

EQUIPO DE APOYO:

Daivis Moisés ESPINOZA BONILLA

Sherlon Angel GIRÓN CHAVEZ

Alexandra Luz SOLÓRZANO MIRANDA (Est. E.F.P. Minas)

Jose Alberto ANDRES CHAVEZ (Est. E.F.P. Minas)

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es identificar los factores para reducir accidentes mejorando el sistema de sostenimiento subterráneo que afectan en la reducción de accidentes en la Mina Chungar, ocasionados por desprendimiento de rocas. Para alcanzar tal propósito, se investigó los accidentes mortales ocurridos de 2007 a 2017, en las fuentes primigenias, entre otras, MINEM, Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo y OSINERGMIN. A partir de la información compilada y procesada, se realizó el análisis correspondiente, así se identificaron los siguientes FACTORES: a) TIPO DE ROCA: El 87 % de accidentes mortales se produjeron en rocas tipo III y IV. b) TIPO DE SOSTENIMIENTO: El 45,8 % de los accidentes mortales se produjeron en áreas no sostenidas y en áreas sostenidas con madera, Split Set y Barras Helicoidales se produjeron el 45,85 %. c) TIPO DE LABOR: El 59 % de los accidentes mortales se produjeron en los tajeos. d) OCUPACIÓN: El 53 % de los accidentes mortales sufrieron maestros perforistas y/o ayudantes. e) TURNO DE TRABAJO: El 58 % de accidentes mortales ocurrieron en turnos de día. f) HORAS DEL DÍA: El 41,4 % de accidentes mortales se produjeron entre las 9:00-12:00 horas y 15:00-18:00 horas. g) TIEMPO DE SERVICIO: El 54,3 % de accidentes mortales sufrieron trabajadores con menos de un año de servicio. (Giraldo Paredes, 2016)

Palabras clave: Accidente minero, factores de accidentes, desprendimiento de roca, minado subterráneo.

ABSTRACT

The objective of this study is to identify the factors to reduce accidents by improving the subsurface support system that affect the reduction of accidents in the Chungar Mine, caused by rockfall. To achieve this purpose, the fatal accidents occurred from 2007 to 2017 were investigated in the original sources, among others, MINEM, Ministry of Labor and Employment Promotion and OSINERGMIN. From the information compiled and processed, the corresponding analysis was carried out, thus the following FACTORS were identified: a) TYPE OF ROCK: 87% of fatal accidents occurred in type III and IV rocks. b) SUSTAINABILITY TYPE: 45.8% of fatal accidents occurred in non-sustained areas and in areas sustained with wood, Split Set and Helicoidal Rods, 45.85% were produced. c) TYPE OF WORK: 59% of fatal accidents occurred in the tajes. d) OCCUPATION: 53% of fatal accidents suffered by drilling teachers and / or assistants. e) WORKING TIME: 58% of fatal accidents occurred in day shifts. f) HOURS OF THE DAY: 41.4% of fatal accidents occurred between 9:00 am to 12:00 am and between 3:00 pm and 6:00 pm. g) SERVICE TIME: 54.3% of fatal accidents suffered workers with less than one year of service. (Giraldo Paredes, 2016)

Keywords: Mining accident, accident factors, rockfall, underground mining.

INTRODUCCIÓN

Los continuos accidentes de los trabajadores de la mina Chungar no han sido controlados satisfactoriamente hasta la fecha produciéndose constantemente accidentes fatales de los trabajadores por caída de rocas, ocasionando ingentes gastos a dicha Empresa Minera y causando serios problemas a las familias de los trabajadores, por lo que es necesario establecer y corregir parámetros de sostenimiento de las excavaciones subterráneas usando principalmente el concreto lanzado y el acero como materiales de sostenimiento con la finalidad de garantizar mayor seguridad de los trabajadores. Además debido a la mecanización de la mina, con la finalidad de optimizar la producción, se requiere mayor sección del tajeo con la finalidad de introducir equipos de mayor capacidad lo que genera mayores problemas para el sostenimiento.

El problema general de la investigación es: ¿De qué manera el mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas influye en la reducción de accidentes en la Mina Chungar?

Los problemas específicos son los siguientes:

Problema Específico 01: ¿Cómo el sistema de sostenimiento usando pernos de anclaje inciden en la reducción de accidentes en la Mina Chungar?

Problema Especifico 02: ¿Cómo el sostenimiento usando cimbras metálicas influye en la reducción de accidentes en la Mina Chungar?

Problema Especifico 03: ¿Cómo el sostenimiento usando concreto lanzado afecta en la reducción de accidentes en la Mina Chungar?

El objetivo general es determinar los factores del mejoramiento del sistema de sostenimiento subterráneo que afectan en la reducción de accidentes en la Mina Chungar.

Los objetivos específicos son:

Objetivo Específico 01: Determinar **cómo el sistema de sostenimiento usando pernos de anclaje inciden** en la reducción de accidentes en la Mina Chungar.

Objetivo Específico 02: Determinar **como el sostenimiento usando cimbras metálicas influye** en la reducción de accidentes en la Mina Chungar.

Objetivo Específico 03: Determinar **como el sistema de sostenimiento usando el concreto lanzado afecta** en la reducción de accidentes en la Mina Chungar.

La investigación es de tipo experimental.

En el presente estudio el diseño de investigación es experimental transversal. Ninguna de las variables independientes utilizadas fueron manipulados o sujetos a variaciones, asimismo los datos obtenidos corresponden a un solo momento específico año 2017.

El nivel de investigación aplicado fue de tipo causal o explicativa, porque todas las variables independientes explican su influencia positiva o negativa sobre la variable dependiente.

El Capítulo I trata sobre la introducción.

El Capítulo II trata sobre el marco teórico.

El Capítulo III trata sobre los materiales y métodos.

El Capítulo IV trata sobre los resultados y discusión.

El Capítulo IV trata sobre las recomendaciones y conclusiones.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE.....	viii
CAPÍTULO I	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. GENERALIDADES DE LA MINA.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Accesibilidad	2
1.1.3. Operaciones mina	6
1.1.4. Aspectos geológicos	8
1.1.5. Elementos de sostenimiento	11
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.3. BASES TEÓRICAS	22
1.3.1. El mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas	22
1.3.2. Reducción de accidentes.....	24
1.4. MARCO CONCEPTUAL	26
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
1.5.1. Hipótesis general	29

1.5.2. Hipótesis secundarias	29
1.5.2.1. Primera hipótesis secundaria	29
1.5.2.2. Segunda hipótesis secundaria	30
1.5.2.3. Tercera hipótesis secundaria.....	30
1.6. LAS VARIABLES: DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL.	30
1.6.1. Variables Independientes.....	30
1.6.2. Variables dependientes	31
CAPÍTULO II.....	32
2. MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1. CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS	32
2.2. EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS.....	33
2.3. SOSTENIMIENTO DE MACIZOS ROCOSOS.....	33
2.4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	34
2.5. COMPILACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	34
CAPÍTULO III.....	36
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1. ANÁLISIS DE ACCIDENTES SEGÚN TIPO DE ROCA	36
3.2. ACCIDENTES SEGÚN TIPO DE LABOR	38
3.3. ACCIDENTES SEGÚN TIPO DE SOSTENIMIENTO	39
3.4. ACCIDENTES SEGÚN TURNO DE TRABAJO.....	41
3.5. ACCIDENTES SEGÚN HORAS DEL DÍA.....	41

3.6. ACCIDENTES SEGÚN OCUPACIÓN DE LAS VÍCTIMAS.....	42
3.7. ACCIDENTES SEGÚN EL TIEMPO DE SERVICIO DE LA VÍCTIMA EN SU ÚLTIMO CENTRO LABORAL.....	44
3.8. ACCIDENTES EN FUNCIÓN DE LA EXPERIENCIA ACUMULADA DE LA VÍCTIMA.....	45
3.9. CONCESIONES MINERAS CON MAYOR NÚMERO DE ACCIDENTES MORTALES DE 2001 A 2012.....	45
3.10. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES PARA REDUCIR ACCIDENTES EN LABORES SUBTERRÁNEAS.....	47
3.11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
3.11.1. Factor tipo roca.....	48
3.11.2. Factor tipo de labor.....	49
3.11.3. Factor tipo sostenimiento.....	50
3.11.4. Factor ocupación.....	51
3.11.5. Factor tiempo de servicio.....	52
3.11.6. Factor turno de trabajo.....	53
3.11.7. Factor horas del día.....	53
CAPÍTULO IV	54
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
4.1. CONCLUSIONES	54
4.2. RECOMENDACIONES.....	57

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Resumen de los antecedentes investigativos	19
Tabla N° 2: Tabla referencial de prevención de accidentes.....	25
Tabla N° 3: Variables e indicadores	31
Tabla N° 4: Número de accidentes analizados	35
Tabla N° 5: Concesiones mineras con mayor número de accidentes del 2007 a 2018	47
Tabla N° 6: Factores para reducir accidentes en labores subterráneas.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Accidentes mortales (%) por desprendimiento de rocas según tipo de roca.	38
Figura N° 2: Accidentes porcentuales según tipo de labor.	40
Figura N° 3: Accidentes mortales según tipo de sostenimiento utilizado.	42
Figura N° 4: Accidentes mortales según turno de trabajo.	42
Figura N° 5: Accidentes mortales según horas del día.	43
Figura N° 6: Accidentes mortales según ocupación de la víctima.	44
Figura N° 7: Accidentes mortales según tiempo de servicio de la víctima.	45
Figura N° 8: Accidentes mortales según experiencia acumulada del trabajador.....	47

ÍNDICE DE LÁMINAS:

Lámina N° 1: Mapa de ubicación nacional – departamental	3
Lámina N° 2: Mapa de localización	4
Lámina N° 3: Mapa de accesibilidad a la zona de estudio	5
Lámina N° 4: Operaciones mineras Volcan	7
Lámina N° 5: Mapa geológico distrital de la Unidad Minera Pasco	9
Lámina N° 6: Columna lito estratigráfica.....	10
Lámina N° 7: Tipos de sostenimiento	12
Lámina N° 8: Tipo de pernos de roca (anclajes)	13
Lámina N° 9: Esfuerzo máximo de rotura del concreto lanzado	14

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES DE LA MINA

1.1.1. Ubicación

La Empresa Administradora Chungar S.A.C. (EACH), unidad minera ANIMON, está ubicada en el paraje denominado Cuchimachay – La Cruzada, en el Distrito de Huayllay, Provincia y Departamento de Pasco, Región Pasco, a una altitud de 4 670 msnm, y a 76°25'19" de longitud Oeste y a 11°01' 35" de latitud Sur con coordenadas UTM: **N8 780 500; E345 000**. Ver en la hoja 23-K-Ondores.

1.1.2. Accesibilidad

El acceso a la Unidad Minera Animón es por:

- Lima – La Oroya – Carretera Cerro de Pasco – Mina Animón es de 304 km.
- Lima – Huaral - Mina Animón es de 225 km
- Lima – Canta – Mina Animón es de 219 km

Cabe mencionar que la Mina Animón se ubica a 50 km al Sur – Oeste de la ciudad de Cerro de Pasco y a 7 Km al Oeste del Distrito de Huayllay.

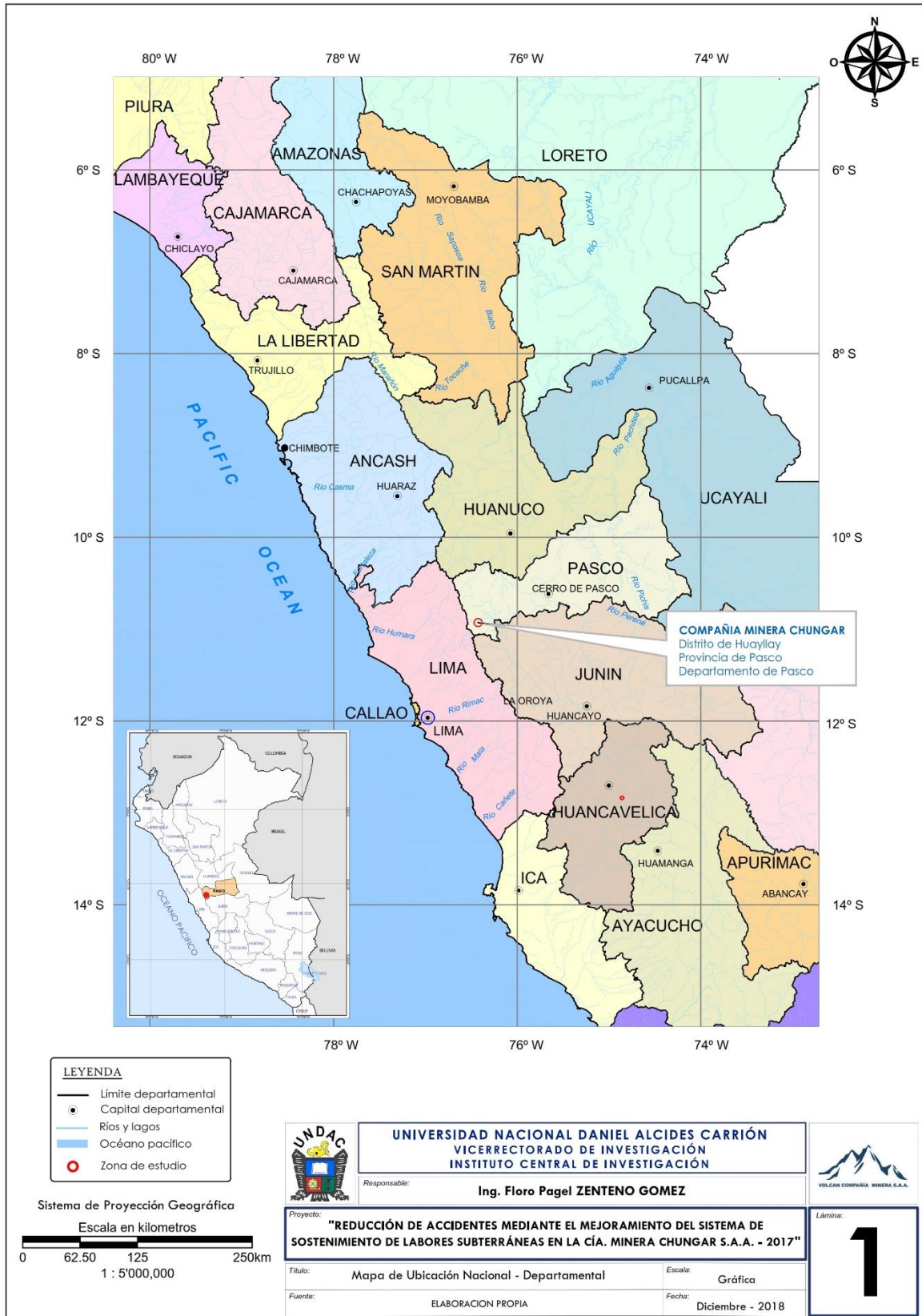


Lámina N° 1: Mapa de ubicación nacional – departamental

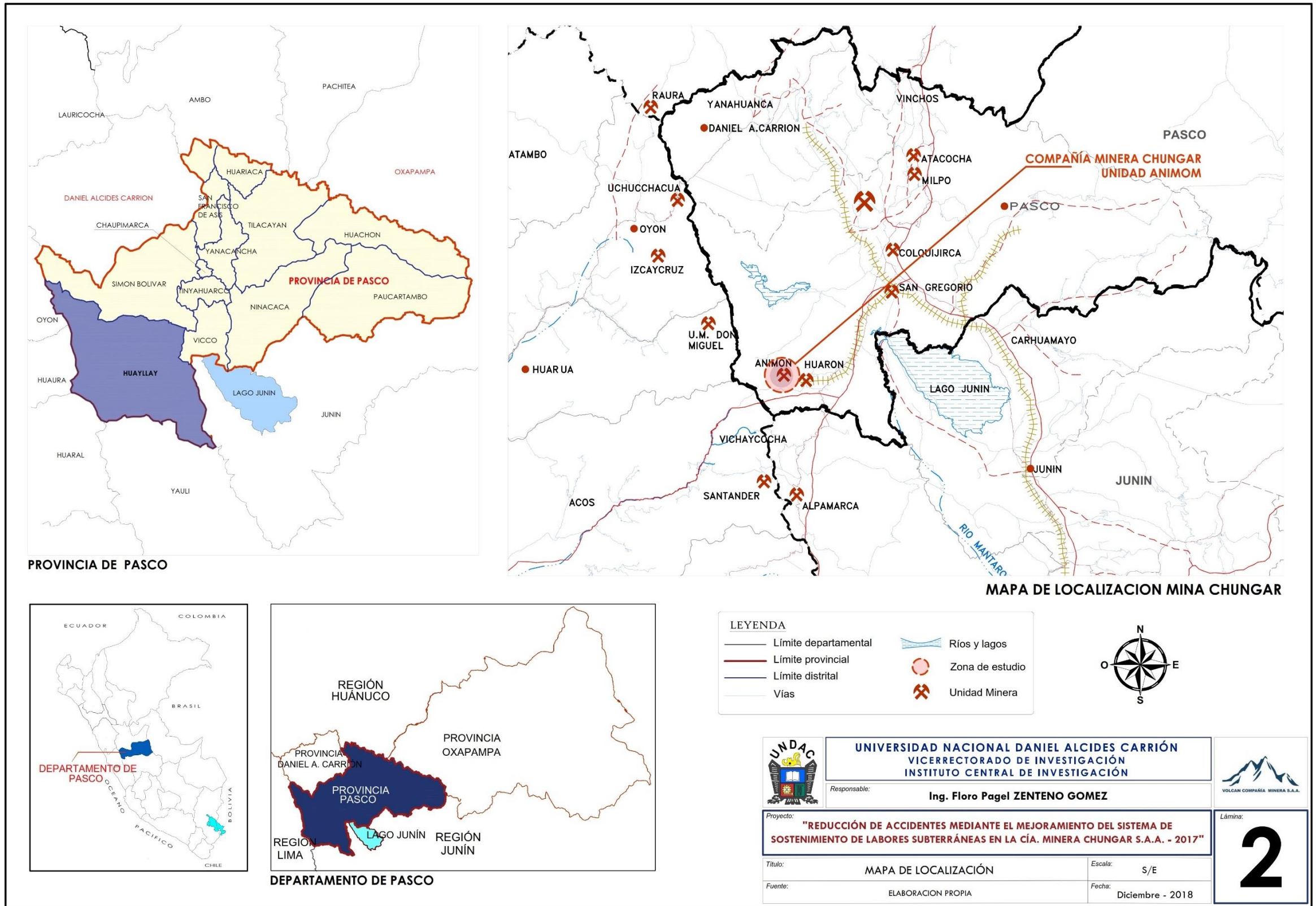
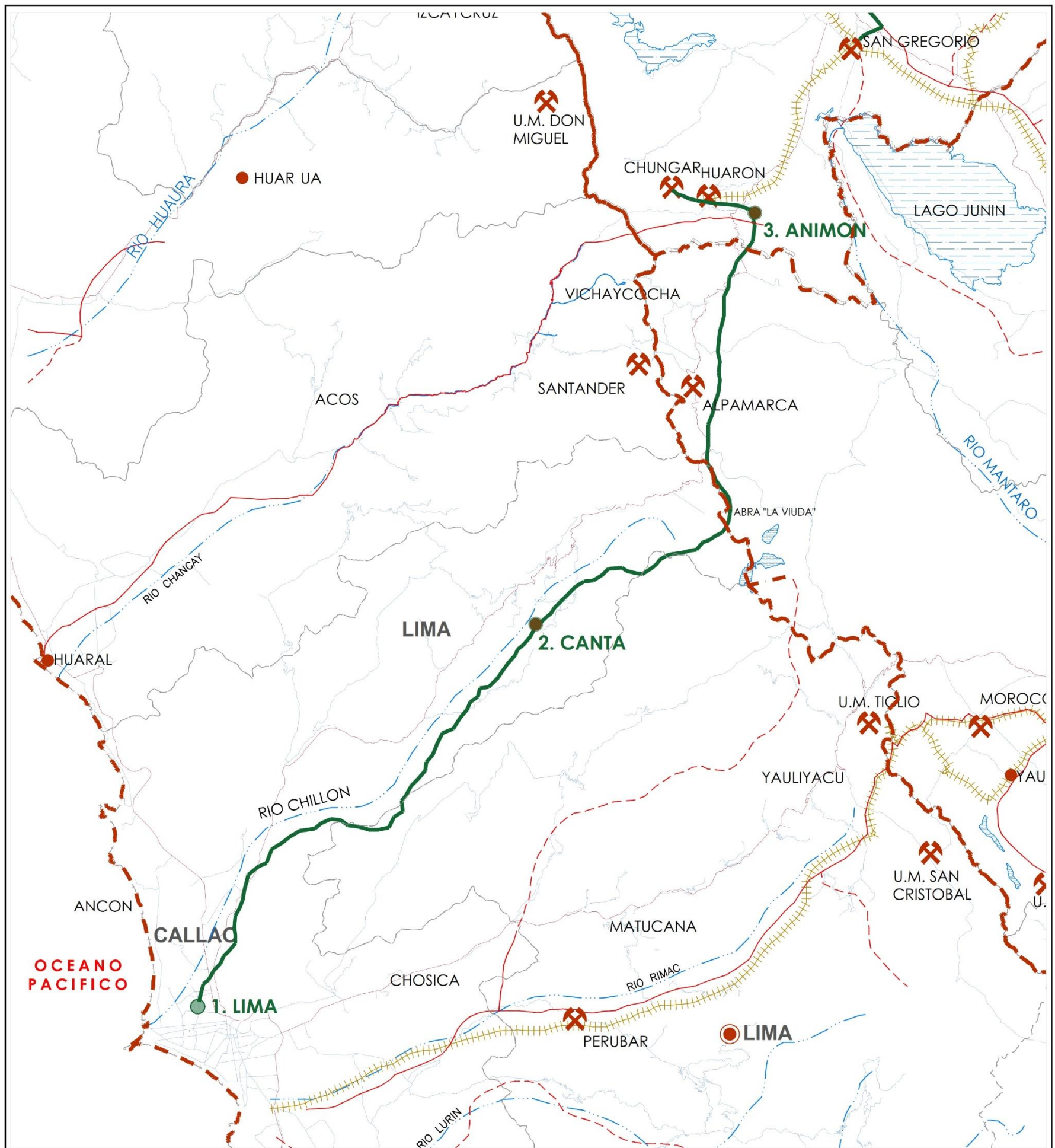


Lámina N° 2: Mapa de localización



MAPA DE ACCESIBILIDAD - MINA CHUNGAR



LEYENDA	
	Límite departamental
	Límite provincial
	Vías
	Ferrocarril
	Ríos
	Lagos
	Unidad Minera
	Ruta de Accesibilidad



LIMA - CANTA - ANIMON (CHUNGAR)



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INSTITUTO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN



Responsable:

Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ

Proyecto:

"REDUCCIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA CÍA. MINERA CHUNGAR S.A.A. - 2017"

Lámina:

3

Título:

MAPA DE ACCESIBILIDAD

Escala:

S/E

Fuente:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC)

Fecha:

Diciembre - 2018

Lámina N° 3: Mapa de accesibilidad a la zona de estudio

1.1.3. Operaciones mina

El método de minado es el Corte y Relleno Ascendente (C&RA), se caracteriza por hacer cortes horizontales de 150 m de longitud con alturas de corte de 3.0 m x 3.0 m a más de ancho. Lo relevante de la aplicación de este método en Animón está en la perforación horizontal (breasting), es decir que después de un corte se entra a la etapa del relleno detrítico e hidráulico, dejando una luz de 0.50 m que servirá de cara libre para el corte superior. Con el objetivo de incrementar la productividad, se tienen 04 frentes por tajeo, en forma constante, que son accesados a través de 02 brazos negativos (-15%, uno al lado Este y otro al Oeste) que conectan el by pass de acceso.

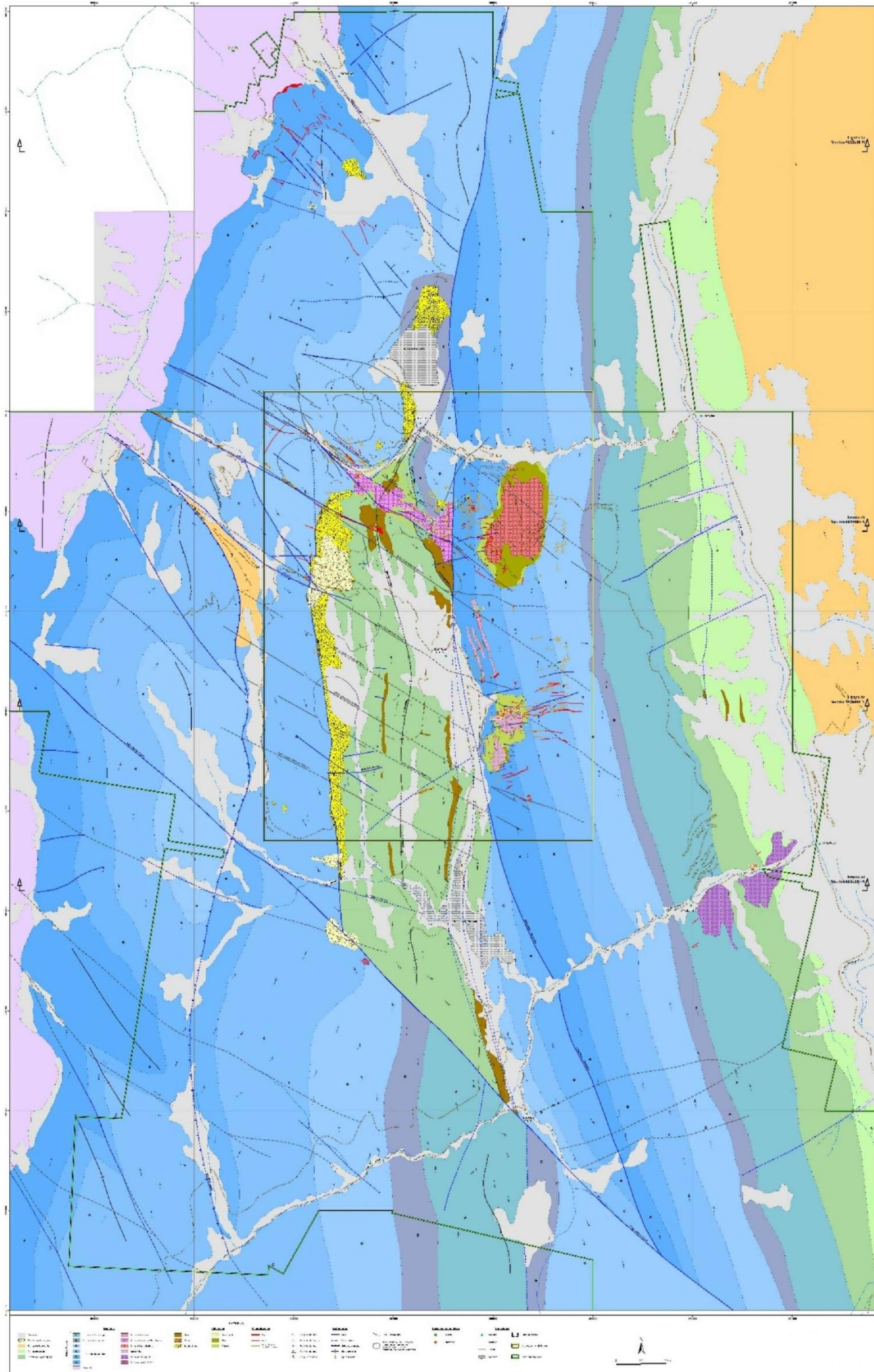
El rendimiento del Tajo 600, Nivel 225 de la Mina Animón es de 50.61 m³/disparo.

1.1.4. Aspectos geológicos

El yacimiento de Animón litológicamente está conformado por sedimentitas que reflejan un periodo de emersión y una intensa denudación.

Las “Capas Rojas” del Grupo Casapalca presentan dos ciclos de sedimentación: El ciclo más antiguo es el más potente con 1,400 a 1,500 metros de grosor y el ciclo más joven tiene una potencia de 800 a 900 metros. Cada ciclo en su parte inferior se caracteriza por la abundancia de conglomerados y areniscas, en su parte superior contienen horizontes de chert, yeso y piroclásticos. La gradación de los clastos y su orientación indican que los materiales han venido del Este, probablemente de la zona actualmente ocupada por la Cordillera Oriental de los Andes.

En el distrito minero se distinguen dos formaciones bien marcadas: Formación Inferior y Formación Superior.



Sistema de Proyección UTM
Datum WGS 84
Zona UTM: 18S



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INSTITUTO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN

Responsable: **Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ**



Lámina:

5

Proyecto: **"REDUCCIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA CÍA. MINERA CHUNGAR S.A.A. - 2017"**

Título: MAPA GEOLÓGICO DISTRITAL DE LA UNIDAD MINERA PASCO

Escala: Escala Gráfica

Fuente: Volcan Compañía Minera

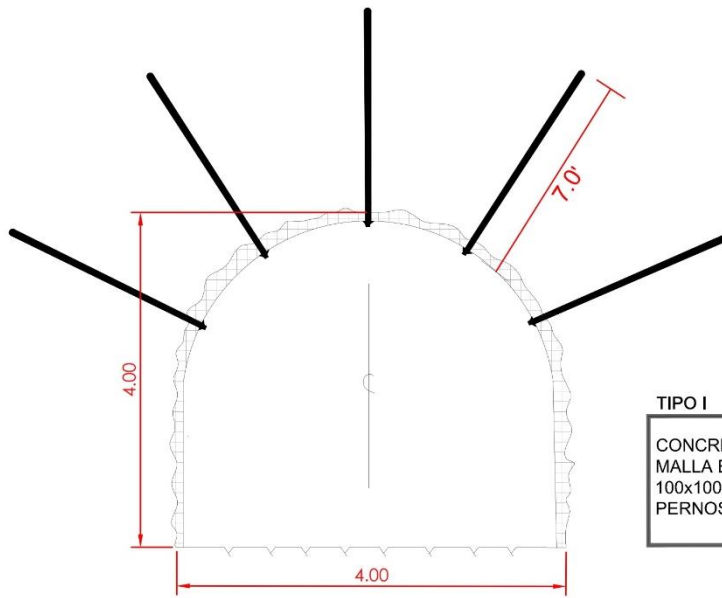
Fecha: Diciembre - 2018

Lámina N° 5: Mapa geológico distrital de la Unidad Minera Pasco

1.1.5. Elementos de sostenimiento

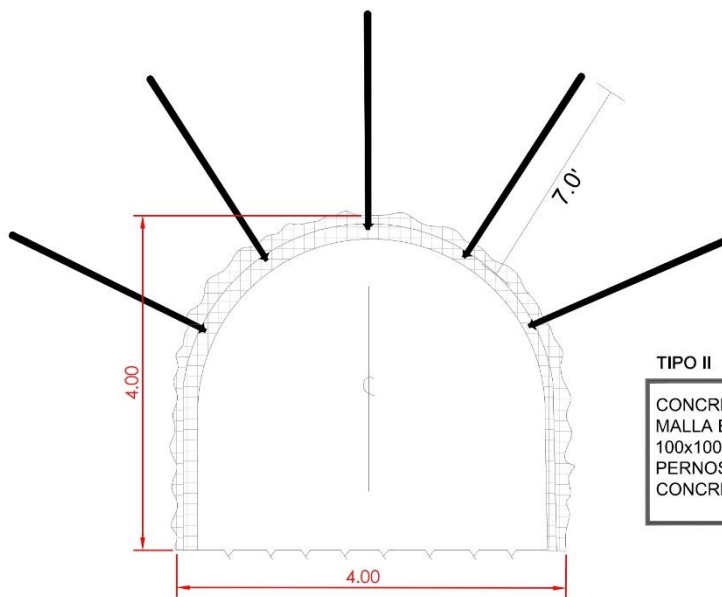
Concluida la fase del diseño para el sostenimiento, se procede al estudio y clasificación de los elementos del sostenimiento, para que finalmente se pueda elegir el más adecuado, que se adapte a las condiciones de la excavación a sostener.

A continuación se analizan los diferentes tipos de elementos que componen el sostenimiento para que en base a los criterios analizados pueda decidirse el tipo (elemento de sostenimiento) a utilizarse y se complementará con las especificaciones técnicas para cada caso.



TIPO I

CONCRETO LANZADO (2 pulg.)
 MALLA ELECTROSOLDADA DE
 100x100x4.2
 PERNOS HYDRABOLT



TIPO II

CONCRETO LANZADO 1ª CAPA (2 pulg.)
 MALLA ELECTROSOLDADA DE
 100x100x4.2
 PERNOS HYDRABOLT
 CONCRETO LANZADO 2ª CAPA (1 pulg.)



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 INSTITUTO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN



Responsable: **Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ**

Proyecto: **"REDUCCIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA CÍA. MINERA CHUNGAR S.A.A. - 2017"**

Lámina: **7**

Título: TIPOS DE SOSTENIMIENTO
 Fuente: Empresa Administradora Chungar SAC

Escala: S/E
 Fecha: Diciembre - 2018

Lámina N° 7: Tipos de sostenimiento

(a) PERNO CEMENTADO

(b) PERNO CON RESINAS

(c) PERNO CON EXPANSORES

(d) PERNOS DE RANURA Y CUÑA

(e) PERNOS DE FRICCIÓN (COMPRESIÓN)

(f) PERNOS DE FRICCIÓN (EXPANSIÓN)

PERNOS CON EXPANSORES

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN INSTITUTO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN		
	Responsable: Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ		
Proyecto: "REDUCCIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRÁNEAS EN LA CÍA. MINERA CHUNGAR S.A.A. - 2017"			
Título: TIPOS DE PERNOS DE ROCA (ANCLAJES)		Escala: S/E	
Fuente: Empresa Administradora Chungar SAC		Fecha: Diciembre - 2018	
			8

Lámina N° 8: Tipo de pernos de roca (anclajes)

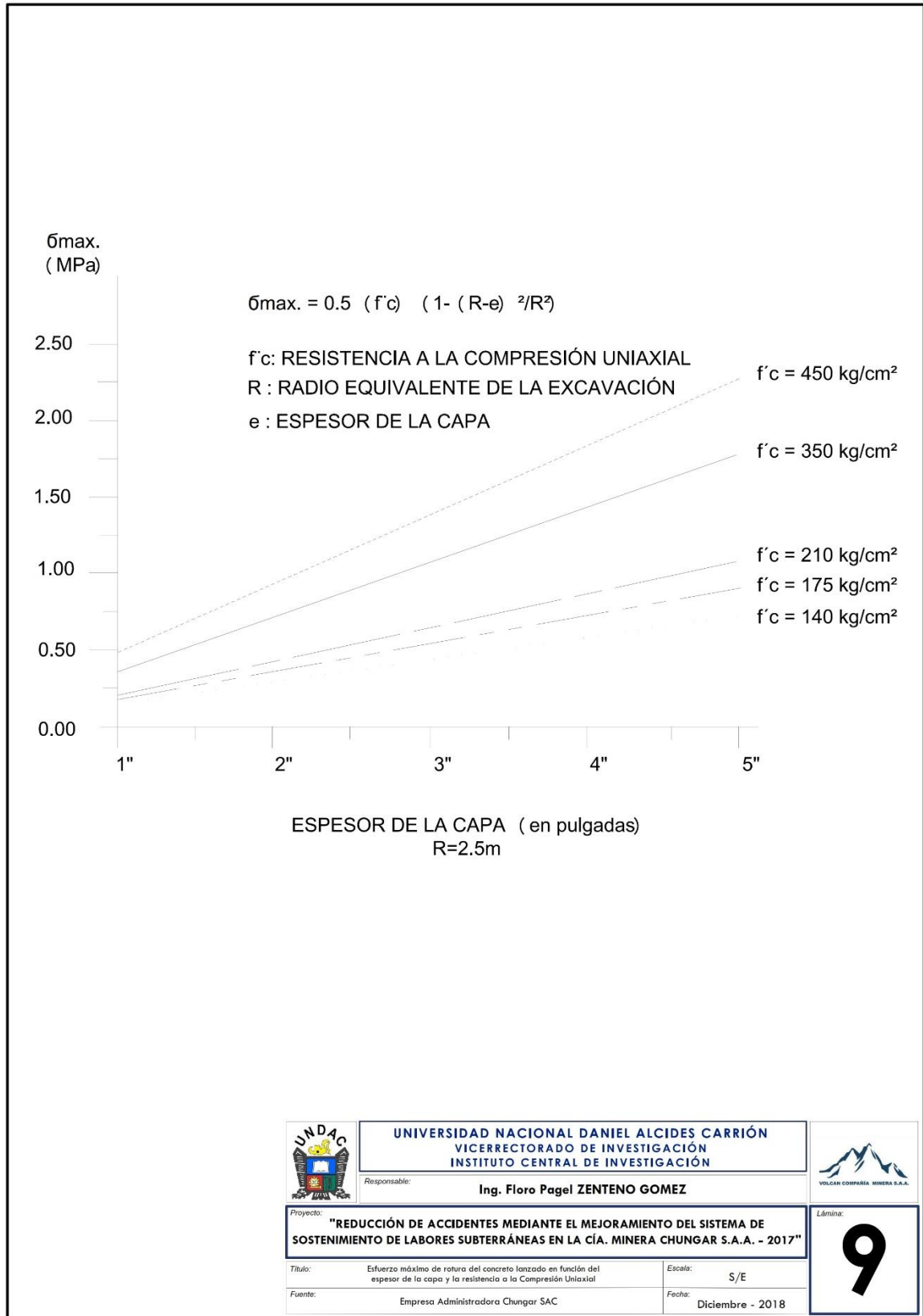


Lámina N° 9: Esfuerzo máximo de rotura del concreto lanzado

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ampuero Peñaranda, Castañeda Ames, & Lezama Mendieta (2015) en el estudio “Propuesta de la Aplicación del Método de Relleno con Mortero de relave para Mejorar la Confiabilidad del Sostenimiento”, el problema principal planteado es: ¿De qué manera se puede mejorar la confiabilidad del sostenimiento de una mediana Mina Subterránea?, la hipótesis principal planteada es: Si se implementa un sistema de relleno utilizando reciclaje de relaves entonces se mejora la confiabilidad del sostenimiento de las minas subterráneas. El objetivo planteado es mejorar el sistema de Sostenimiento de una mina subterránea. Una de las conclusiones del estudio de investigación es que la presente investigación demuestra una mejora consistente en la confiabilidad del sostenimiento de las minas subterráneas con la aplicación del sistema de relleno con mortero de relave, generándose un valor agregado ambiental que mejora los resultados de la organización. Además La hipótesis de la presente investigación ha quedado validada puesto que se ha demostrado que la aplicación de sistemas de sostenimiento basados en el método de relleno con mortero de relave mejora la confiabilidad del sostenimiento.

Escalante Guerra (2017) en el estudio “Mejoramiento del Sistema de Sostenimiento con Madera mediante Pernos Split Set y Malla Electrosoldada en Labores de Explotación de la Empresa “MACDESA” –Arequipa”, la hipótesis principal planteada es que aplicando los pernos split set y malla electro soldada se mejorará el sistema de sostenimiento en labores de explotación de la minera

aurífera Cuatro de Enero S.A.- Arequipa. El objetivo planteado es mejorar el sistema de sostenimiento con madera mediante los pernos Split set y malla electro soldada en labores de explotación de la empresa MACDESA- Arequipa. Entre las conclusiones de la investigación tenemos:

1. La Minera aurífera Cuatro de Enero S.A. con el sostenimiento de cuadros de madera y puntales, en las labores de explotación utiliza un costo total de 20.27 U\$/TM y con el sistema de sostenimiento mecanizado de los pernos split set y malla electrosoldada utiliza un costo total de 19.04 U\$/TM de mineral, cuya diferencia es de 1.23 US\$/TM de mineral explotado.
2. La eficiencia con el sistema convencional es de 2,80 TM/h y con el sistema mecanizado se logra una eficiencia de 3.31 TM/h, el cual demuestra la rentabilidad de split set y malla electrosoldada.
3. La productividad con el sistema de sostenimiento convencional es de 4,51 TM/hombre-guardia y con el sistema mecanizado de split set y malla electrosoldada es de 6,35 TM/hombre-guardia haciendo una diferencia de 1,84 TM/hombre-guardia.
4. El costo de transporte de la madera es alto en comparación con el costo de transporte de pernos split set y malla electrosoldada lo cual es determinante en los costos de explotación del yacimiento.

Torres Alvarez (2016) en el estudio “Diseño y Aplicación de Shotcrete para Optimizar el Sostenimiento en la Unidad Económica San Cristóbal – Mina Bateas”, la hipótesis principal planteada es que el diseño y aplicación de shotcrete vía húmeda en la Unidad Económica San Cristóbal, optimizará el tiempo y costos

del sostenimiento en todas las labores, a la vez logrando minimizar los incidentes y accidentes producidos por desprendimiento de roca en interior mina. El objetivo planteado es que el diseño y aplicación correcta del Shotcrete por vía húmeda optimizará el sostenimiento, logrando así beneficios económicos como también un considerable ahorro de tiempo y logrando mayor seguridad para los trabajadores de Operaciones Mina en la Minera Bateas. Las conclusiones del estudio son:

1. La aplicación del método por vía húmeda favorece la operación mina ya que presenta niveles bajos de polución debiendo utilizarse en todo las labores mineras, siempre y cuando se tenga las condiciones necesarias caso de la unidad Minera San Cristóbal.
2. El beneficio obtenido con el uso de shotcrete es el siguiente: Sostenimiento de shotcrete vs Malla electro soldada es de S/. 2 319,456 y entre el shotcrete utilizado el 2015 vs el propuesto del 2016 es de S/.40,403
3. La posibilidad de ahorro en tiempos y costes al aplicarlo por vía húmeda como sostenimiento permanente es, en la mayoría de los casos, considerable, pero por razones de traslado y distancias el más conveniente es el lanzado por vía seca. Ya que en vía seca se utiliza mallas y vía húmeda no se utiliza salvo requiera sostenimiento pesado.
4. Considerando la rapidez y efectividad del concreto lanzado como una herramienta fundamental en el sostenimiento de labores subterráneas, se tiene en este un elemento importante como solución tanto en control de derrumbes como en el sostenimiento preventivo en labores de profundización y avance.

5. Con el remplazo de shotcrete en vez de malla electrosoldada se ha reducido en un 83,3% los accidentes por desprendimiento de rocas

Tabla N° 1: Resumen de los antecedentes investigativos

AUTOR Y TEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	CONCLUSIONES	TECNICAS ESTADISTICAS
<p>Ampuero Peñaranda, José Antonio, Castañeda Ames Silvia Pamela y Lezama Mendieta, Joe Marco (2015). <i>Propuesta de Aplicación del Método de Relleno con Mortero de Relave para Mejorar la Confiabilidad del Sostenimiento.</i></p>	<p>Mejorar el Sistema de Sostenimiento de una Mina Subterránea.</p>	<p>Si se implementa un Sistema de Relleno utilizando reciclaje de relaves entonces se mejora la confiabilidad del Sostenimiento de las Minas Subterráneas.</p>	<p>La utilización de métodos de relleno con mortero de relave permite mejorar la capacidad operativa del ciclo de minado, reduciendo los tiempos del ciclo, incrementando la productividad, mejorando los márgenes, en beneficio de la organización y el ambiente.</p>	<p>Estadística descriptiva.</p>
<p>Escalante Guerra, Herán Amador (2017). <i>Mejoramiento del Sistema de Sostenimiento con Madera mediante Pernos Split Set y Malla Electrosoldada en labores de Explotación de la Empresa "MACDESA" – Arequipa.</i></p>	<p>Mejorar el sistema de sostenimiento con madera mediante los pernos Split set y malla electro soldada en labores de explotación de la empresa MACDESA- Arequipa.</p>	<p>Aplicando los pernos Split set y malla electro soldada se mejorará el sistema de sostenimiento en labores de explotación de la minera aurífera Cuatro de Enero S.A.- Arequipa.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. La Minera aurífera Cuatro de Enero S.A. con el sostenimiento de cuadros de madera y puntales, en las labores de explotación utiliza un costo total de 20.27 U\$/TM y con el sistema de sostenimiento mecanizado de los pernos split set y malla electrosoldada utiliza un costo total de 19.04 U\$/TM de mineral, cuya diferencia es de 1.23 US\$/TM de mineral explotado. 2. La eficiencia con el sistema convencional es de 2,80 TM/h y 	<p>Estadística descriptiva.</p>

AUTOR Y TEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	CONCLUSIONES	TECNICAS ESTADISTICAS
			<p>con el sistema mecanizado se logra una eficiencia de 3.31 TM/h, el cual demuestra la rentabilidad de split set y malla electrosoldada.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. La productividad con el sistema de sostenimiento convencional es de 4,51 TM/ hombre-guardia y con el sistema mecanizado de split set y malla electrosoldada es de 6,35 TM/hombre-guardia haciendo una diferencia de 1,84 TM/hombre-guardia. 4. El costo de transporte de la madera es alto en comparación con el costo de transporte de pernos split set y malla electrosoldada lo cual es determinante en los costos de explotación del yacimiento. 5. El costo de transporte de la madera es alto en comparación con el costo de transporte de pernos split set y malla electrosoldada lo cual es determinante en los costos de explotación del yacimiento. 	

AUTOR Y TEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	CONCLUSIONES	TECNICAS ESTADISTICAS
<p>Torres Alvarez, Luis Renato (2016). <i>Diseño y Aplicación de Shotcrete para Optimizar el Sostenimiento en la Unidad Económica San Cristóbal – Unidad Minera Bateas.</i></p>	<p>El diseño y aplicación correcta del Shotcrete por vía húmeda optimizará el sostenimiento, logrando así beneficios económicos como también un considerable ahorro de tiempo y logrando mayor seguridad para los trabajadores de Operaciones Mina en la Minera Bateas.</p>	<p>Que, el diseño y aplicación de shotcrete vía húmeda en la Unidad Económica San Cristóbal, optimizará el tiempo y costos del sostenimiento en todas las labores, a la vez logrando minimizar los incidentes y accidentes producidos por desprendimiento de roca en interior mina.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El beneficio obtenido con el uso de shotcrete es el siguiente: Sostenimiento de shotcrete vs Malla electro soldada es de S/. 2 319,456 y entre el shotcrete utilizado el 2015 vs el propuesto del 2016 es de S/40,403. 2. Con el remplazo de shotcrete en vez de malla electrosoldada se ha reducido en un 83,3% los accidentes por desprendimiento de rocas 	<p>Estadística descriptiva.</p>

Fuente: Elaboración propia.

1.3. BASES TEÓRICAS

Entre las bases teóricas mencionamos lo siguiente:

1.3.1. El mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas

Los actuales estudios del sostenimiento de las excavaciones subterráneas en base a las Teorías de Elasticidad y Plasticidad se tratarán de considerar en nuestra investigación para evaluar los parámetros definidos, dado que los análisis están basadas en condiciones ideales.

Aunque el análisis tensional de medios continuos puede utilizar muchos prototipos elásticos, sólo dos métodos permiten tratar con generalidad las complejas situaciones planteadas en la ingeniería: Los Métodos Numéricos como es el caso de los Elementos Finitos y los Métodos o estudios Experimentales en modelos como es el caso de los Modelos Fotoelásticos.

Para las evaluaciones del sostenimiento de las excavaciones subterráneas se practica el Test de Markland, que define un plano potencial de falla, un ángulo de talud (i), ángulo del plano potencial de falla (β) y un ángulo de fricción (\emptyset), donde

$$\emptyset < \beta < i.$$

La tecnología en la minería ha avanzado a pasos agigantados, motivo por el cual el empleo del robot y los mixer, se han generalizado y van a servir como estándar para el sostenimiento en el laboreo de minas en la mina Animón unidad minera de la Empresa Administradora Chungar S.A.C.

Hoy en día la Minería Peruana ya comenzó a entender que invertir en seguridad es también invertir en la calidad y en la productividad, todo accidente es evitable si toda la organización que lleva a cabo la operación minera está capacitada, entrenada y motivada.

La caída de rocas es el principal problema en la mina, para poder mantener unida la masa rocosa debemos poder entender cómo se encuentra la roca y porqué el fracturamiento, esto se debe a la formación geológica del yacimiento que se encuentran sujeto a una serie de esfuerzos.

En las operaciones mineras de la mina Animón, se emplea el sostenimiento mecanizado, en este caso como elemento primordial de seguridad, se emplea el Sostenimiento con Shotcrete, que consiste en un concreto lanzado por medio de un equipo llamado robot, bajo presión, en cuya salida se proyecta sobre la superficie, compactándose simultáneamente, puede ser aplicativo en cualquier sentido (horizontal, vertical o inclinado). El shotcrete es un sostenimiento ideal para la estabilización de techos en túneles. Su aplicación rápida y económica sobre cualquier tipo de roca, resulta ventajoso.

En la Unidad Minera de Animón, dentro de la operación se realiza subsiguientemente en la guardia que realiza el disparo, previamente se realiza el desatado del techo y las cajas y se decide por el tipo de sostenimiento que se debe aplicar por las características que presenta el terreno, pudiendo ser sostenimiento de compresión (Pasivo), sostenimiento suspendido (Activo), sostenimiento mediante concreto lanzado vía seca y vía húmeda.

1.3.2. Reducción de accidentes

(Huancahuari Flores, 2009).

Para la reducción de los accidentes se implantará las acciones del uso adecuado de las herramientas de gestión como son:

- *Políticas*
- *Estándares (qué hacer)*
- *Procedimientos (cómo hacerlo)*
- *Identificación de Peligros Evaluación y Control de Riesgos (IPERC)*
- *Inspecciones (diarias, semanales, mensuales.)*
- *Auditorias (trimestrales, semanales, anuales.)*
- *Check List (chequeos personalizados)*
- *Capacitaciones y Retroalimentación*

COMO MEDIR EL AVANCE DEL DESEMPEÑO EN LAS OPERACIONES:

La determinación del nivel está basada en dos aspectos que sirven como criterios de graduación, es decir el esfuerzo físico SSOMAC y la experiencia SSOMAC, ambos criterios son reconocidos internacionalmente y se emplean para medir la calidad de un Sistema Integrado de Gestión de Riesgos. Se miden con:

- *Índices de frecuencia.*
- *Índices de severidad.*

- *Índices de accidentabilidad.*

La valoración de la experiencia, significa determinar las lesiones causadas a personas durante o como resultado de las actividades en las operaciones.

La coincidencia de daños y enfermedades ocupacionales incapacitantes, indicará el grado de eficacia de la Gestión de Riesgos existente en la empresa.

Tabla N° 2: Tabla referencial de prevención de accidentes

NIVEL	EXPERIENCIA SSOMAC	ESFUERZO SSOMAC (%)
Las mejores del mundo	≤ 1	≥ 90
Excelente	≤ 2	≥ 80
Muy bueno	≤ 3	≥ 70
Bueno	≤ 4	≥ 60
Promedio	≤ 5	≥ 50
Regular	≤ 6	≥ 40
Inicial	≤ 6.1	≥ 0 - 30

Fuente: SSOMAC=Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad

La valoración de los esfuerzos y experiencias SSOMAC de una Empresa, siempre están referidos a los doce meses anteriores a la auditoria, este periodo no es necesariamente un año calendario. Los esfuerzos son medidos vía los cumplimientos físicos, visibles y objetivos.

Determinación de puntaje en una auditoria:

- *10 puntos = No necesita mejorar*
- *8 – 9 puntos = Necesita mejoras mínimas*
- *6 – 7 puntos = Necesita algunas mejoras*
- *4 – 5 puntos = Necesita mejoras*

- *1 – 3 puntos = Necesita mejoras significativas*
- *0 puntos = Necesita mejoras mayores*

El control adecuado de los riesgos mejora el bienestar de los trabajadores, las operaciones, la calidad, la productividad, la competitividad, las utilidades y la imagen de la gerencia superior ante accionistas, la comunidad y el mercado financiero.

1.4. MARCO CONCEPTUAL

1. Sostenimiento

Son los procedimientos para soporte de rocas, para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad de resistir las cargas que producen las rocas cerca al perímetro de la excavación subterránea.

2. Labor

Nombre general para todos los trabajos mineros subterráneos, tales como: túnel, socavón, galería, chimenea, sub nivel, rampa etc.

3. Geomecánica

Es la ciencia aplicada al comportamiento mecánico del macizo rocoso al campo de fuerzas de su entorno físico.

4. Cuadros de madera

Es un armazón de madera que puede ser cónicos, rectos y cojo, que se usan en el sostenimiento de los hastiales de una labor minera.

5. Puntales

Son rollizos de madera que se usan para formar cuadros de madera y para sostenimiento de labores mineras.

6. Perforación

Es una operación mecánica que consiste en realizar taladros en el macizo rocoso o mineral.

7. Perno split set

Son pernos de anclaje que se utiliza en el sostenimiento de labores mineras subterráneas para mantener la estabilidad del macizo rocoso.

8. Malla electro soldada

Son estructuras de acero, planas formadas por barras de acero dispuestas en forma cuadrada y electrosoldadas por fisión es decir sin aporte de material en

todos los puntos del encuentro, estos productos son fabricados bajo la norma IRAM-IAS U 500-06, es decir laminado en frío con una tensión de fluencia característica de 500 MPa.

9. Falla

Resquebrajadura en la corteza terrestre por fuerzas tectónicas que afecta al macizo rocoso ocasionando desplazamiento a lo largo de la falla.

10. Fisura

Es la grieta, rotura o fractura que se presenta en la superficie del macizo rocoso.

11. Macizo rocoso

Es el conjunto de bloques de la matriz rocosa y de las discontinuidades que se presenta en la naturaleza.

12. Costos

Son los recursos económicos que se utilizan para la producción de bienes o servicios.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La Hipótesis son las respuestas preliminares a los problemas de investigación. Por esta razón, se plantean las siguientes hipótesis de Investigación:

1.5.1. Hipótesis general

El mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas afecta en la reducción de accidentes en la Mina Chungar.

1.5.2. Hipótesis secundarias

1.5.2.1. Primera hipótesis secundaria

Hipótesis Específica 01: El sistema de sostenimiento usando pernos de anclaje inciden en la reducción de accidentes en la Mina Chungar.

1.5.2.2. Segunda hipótesis secundaria

El sistema de sostenimiento usando cimbras metálicas influye en la reducción de accidentes en la Mina Chungar. (Calderón Solís, 2012).

1.5.2.3. Tercera hipótesis secundaria

Hipótesis Específica 03: El sostenimiento usando concreto lanzado afecta en la reducción de accidentes en la Mina Chungar.

1.6. LAS VARIABLES: DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL

1.6.1. Variables Independientes

X = Mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas en la Mina Chungar.

INDICADORES:

X₁ = Sostenimiento usando pernos de anclaje

X₂ = Sostenimiento usando cimbras metálicas

X₃ = Sostenimiento usando el concreto lanzado.

1.6.2. Variables dependientes

Y = Reducción de accidentes en la Mina Chungar.

INDICADORES:

Y₁= Índice de frecuencia de accidentes.

Y₂= Índice de severidad de accidentes.

Tabla N° 3: Variables e indicadores

Matriz de Variables e Indicadores	
Variable Dependiente: Y = Reducción de accidentes en la Mina Chungar.	Variable Independiente: X = Mejoramiento del sistema de sostenimiento de labores subterráneas en la Mina Chungar.
Indicadores: Y ₁ = Índice de frecuencia de accidentes. Y ₂ = Índice de severidad de accidentes.	Indicadores: X ₁ = Sostenimiento usando pernos de anclaje. X ₂ = Sostenimiento usando cimbras metálicas. X ₃ = Sostenimiento usando el concreto lanzado.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

Los sistemas de clasificación de los macizos rocosos se agrupan en dos grupos: Clasificación de Ingeniería (Terzaghi, Lauffer, Deere y Wickham) y clasificación geomecánica (Bieniawski y Barton) (Alonso, *et al.* 2007). Durante el levantamiento de la información en las diversas fuentes, se ha podido observar que los departamentos de Geomecánica de las diferentes compañías subterráneas mineras, utilizan por lo general la clasificación de Bieniawski o Barton (Giraldo Paredes, 2016)

2.2. EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS

Las excavaciones subterráneas son construcciones en el seno del macizo rocoso, con distintos fines que se pueden agrupar en dos:

- a) Aprovechamiento del material arrancado, como es el caso de una explotación minera, específicamente los tajos mineros.
- b) Generación de espacio para diversos usos, en este caso, no interesa el material arrancado, sino los espacios que dejan las excavaciones, caso de los túneles, galerías, en general los accesos mineros.

En cualquiera de los dos casos, precisa tener en cuenta la eficiencia y seguridad durante y después de la excavación, básicamente aplicando el sistema de sostenimiento adecuado y duradero. (Giraldo Paredes, 2016)

2.3. SOSTENIMIENTO DE MACIZOS ROCOSOS

El macizo rocoso puede auto soportarse por un período de tiempo de acuerdo a su clasificación geomecánica, desde nulo hasta completamente auto soportante. De acuerdo a ello, se debe instalar oportunamente los elementos de sostenimiento más adecuados y así evitar desprendimientos o colapsos.

Los desprendimientos ocurren cuando se deja expuesta un área excavada más allá del tiempo de auto soporte. Asimismo, cuando no se han utilizado o dimensionado adecuadamente los elementos de sostenimiento más apropiados. Los elementos de sostenimiento en excavaciones en roca, son materiales o herramientas diseñados para evitar el desprendimiento de rocas o la subsidencia de la cobertura de una

excavación en el seno de un macizo rocoso. Con correr del tiempo, se han venido introduciendo a la industria una variedad de elementos de sostenimiento, como: Roca y madera, arcos de acero, pernos de anclaje, cables, mallas de acero, concreto, rellenos (detrítico, neumático, hidráulico y en pasta) (Giraldo Paredes, 2016).

2.4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información fueron: Ministerio de Energía y Minas – MIEM, Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo – MTPE, Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN, Instituto de Seguridad Minera – ISEM, Página web de diversas instituciones e internet. Los casos de los accidentes ocurridos del 2007 al 2010 se encontraron en los archivos de la Dirección General de Minería del MINEM, y los ocurridos del 2011 a junio de 2017 se ubicaron en OSINERGMIN. (Giraldo Paredes, 2016)

2.5. COMPILACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

El expediente de cada caso es bastante voluminoso, de los cuales, algunos están inubicables, según las correspondientes dependencias, algunos de los cuales estuvieron pendientes por resolverse (En apelación o reconsideración).

La tabla N° 1 resume los casos analizados, donde se aprecia que no se pudo levantar la información del 100 % de los casos. En promedio se levantó el 70,4 % de los accidentes mortales ocurridos del 2007 al 2017. En el caso de los accidentes

ocurridos en el año 2018, se ubicaron únicamente dos casos en el MTPE, estando la mayoría en curso. Razón por la cual, no se ha tomado en cuenta en el análisis. (Giraldo Paredes, 2016)

Entre otros datos se compilaron: Titular minero, concesión, fecha del accidente, turno, hora, labor donde se produjo el accidente, clasificación del accidente (tipo y origen), datos del accidentado (nombre, edad, ocupación, tiempo de servicio, experiencia acumulada, etc.), tipo de terreno, propiedades geomecánicas del terreno, tipo de roca, tipo de sostenimiento (tipo de perno, malla, cimbra, otros), número de expediente y observaciones (Dirección General de Minería-MINEM y Osinergmin, 2018).

Año	Num. total de casos	Casos analizados		Casos de expedientes inubicables o por resolverse		
		Num.	Porcentaje (%)	Num.	Porcentaje (%)	Observaciones
2007	30	21	70.0	9	30.0	INUBICABLE
2008	31	20	64.5	11	35.5	INUBICABLE
2009	22	16	72.7	6	27.3	INUBICABLE
2010	23	16	69.6	7	30.4	INUBICABLE
2011	32	24	75.0	8	25.0	INUBICABLE
2012	17	15	88.2	2	11.8	INUBICABLE
2013	14	11	78.6	3	21.4	INUBICABLE
2014	23	19	82.6	4	17.4	INUBICABLE
2015	23	17	73.9	6	26.1	INUBICABLE
2016	18	9	50.0	9	50.0	INUBICABLE
2017	14	6	42.9	8	57.1	INUBICABLE
TOTAL	247	174	70.4	73	29.6	

Tabla N° 4: Número de accidentes analizados

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS DE ACCIDENTES SEGÚN TIPO DE ROCA

Para analizar los accidentes mortales por desprendimiento de rocas por este factor, se investigó sobre la clase de roca donde se produjeron dichos accidentes, en base a los reportados por el Departamento de Geomecánica de los diversos titulares mineros, donde en algunos casos reportan el RMR de Bieniawski, el Q de Barton o ambos (Osinergmin, 2013). Para uniformizar los conceptos, para los efectos del presente estudio, se ha considerado la clasificación de Bieniawski y convirtiendo a esta clasificación el Q de Barton, mediante la siguiente relación:

$$\mathbf{RMR = 9 \text{ Ln } (Q) + 44}$$

Con los fundamentos antes indicados y la clasificación de Bieniawski, se hace el análisis correspondiente, arribando a los resultados que ilustra la Figura N.º 1, que conducen a las siguientes conclusiones:

- El mayor porcentaje de accidentes por desprendimiento de rocas, según el tipo de roca, se producen cuando las excavaciones atraviesan macizos rocosos tipo (clase) III y IV, que en conjunto representan el 87 % de los accidentes mortales.
- Paradójicamente, en roca tipo III se produce la mayor cantidad de accidentes por desprendimiento de rocas, con el 50 % según tipo de roca, seguido por el tipo IV.

Cabe destacar que no en todos los casos, se ha reportado el tipo de roca donde se produjo el accidente por desprendimiento de roca. Asimismo, el resultado indica que las minas están emplazadas mayormente en esos tipos de roca. En el análisis también se observa que el 33 % de los accidentes se produjeron en roca tipo IIIB y el 21 % en tipo IVA.

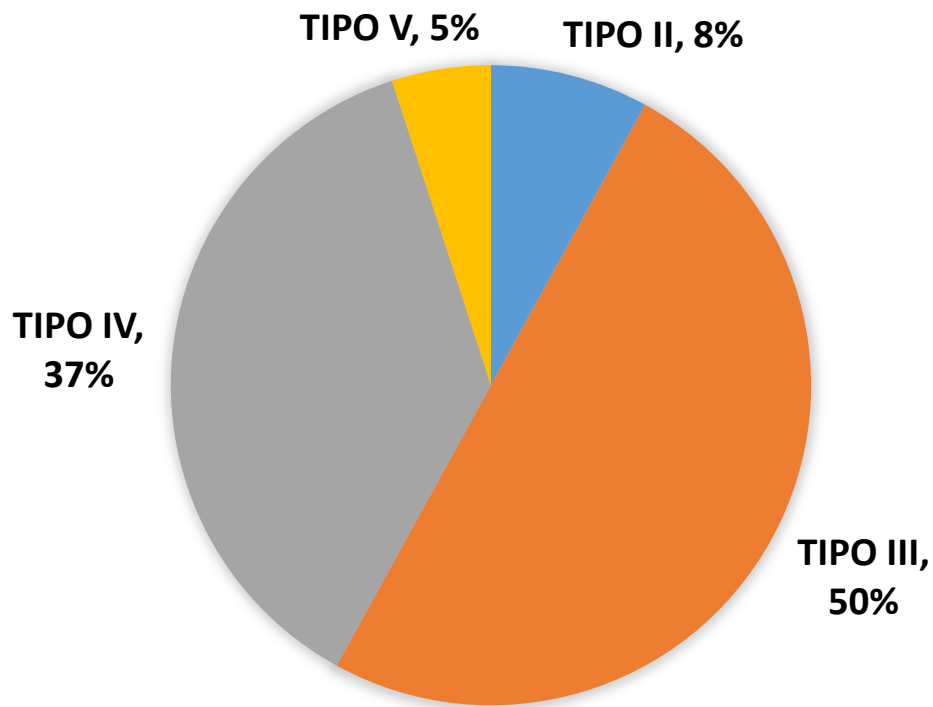


Figura N° 1: Accidentes mortales (%) por desprendimiento de rocas según tipo de roca.

3.2. ACCIDENTES SEGÚN TIPO DE LABOR

Para analizar los accidentes mortales por desprendimiento de rocas ocurridos en las distintas labores mineras, se hicieron las siguientes definiciones:

- Tajeo: Es la labor donde se extrae el mineral, es el área de producción de la mina.
- Frente: Es la labor en excavación que incluye las labores de acceso y desarrollo (galería, crucero, etc.).
- Rampa: Labor de acceso y desarrollo, ya excavado por donde transitan los equipos y el personal.

- **Galería:** Se refiere a la vía de acceso (ya excavado) por donde transita el personal y la maquinaria, además puede servir para la instalación de los servicios que requiere la mina (agua, aire, ventilación, etc.).
- **Chimenea / pique:** Para el presente estudio, se considera esta estructura en proceso de construcción o en funcionamiento, tiene las funciones de acceso y servicios (relleno, ventilación, extracción, etc.).

La Figura N° 2 grafica los valores porcentuales de los accidentes mortales ocurridos en las minas subterráneas en la minería peruana, según el tipo de labor. Donde se observa que el 59 % de accidentes se producen en los tajeos y 28 % en galerías, entonces el 87 % de los accidentes ocurren en estas dos labores.

3.3. ACCIDENTES SEGÚN TIPO DE SOSTENIMIENTO

Durante el levantamiento de la información, en los respectivos expedientes de los accidentes ocurridos, se advierte que se citan los siguientes elementos de sostenimiento:

- **Pernos:** Split Sets, Barras Helicoidales e Hydrabolts.
- **Cimbras:** En herradura y omega.
- **Madera:** Cuadros, puntales, Wood pack y enramado.
- **Shotcrete:** Aplicado solo o en combinación con pernos y mallas con o sin fibra.
- **Mallas de acero:** Electro soldadas instaladas con pernos con o sin shotcrete.
- **Relleno:** Relleno hidráulico o detrítico
- **Otros:** Jack Pot, cables de acero y pilares

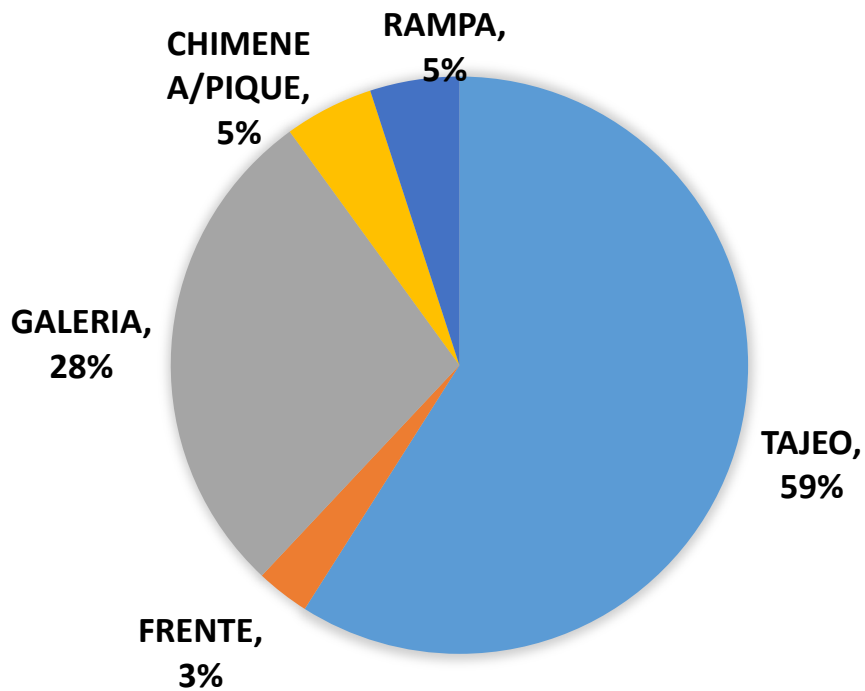


Figura N° 2: Accidentes porcentuales según tipo de labor.

Para el análisis de los accidentes ocurridos según tipo de sostenimiento, se ha tomado en cuenta los elementos de sostenimiento que a pesar de estar instalados en el área se produjeron los desprendimientos de roca, ocasionando los accidentes mortales. En unos casos, los elementos de sostenimiento fueron rendidos y en otros no eran los más adecuados para sostener un determinado macizo rocoso; estos casos son los siguientes:

- **Caso de los pernos** (Helocoidal, Split Set, etc.): Perno solo / Perno + Malla / Perno + malla + shotcrete.
- **Caso de la madera** (Cuadros, puntales, Wood pack y enramado).
- **Caso del shotcrete:** cuando se aplica sin otro elemento de sostenimiento con o sin fibra.
- **Caso de las cimbras:** Enrejado con tablonces o lajas.

- **Caso del relleno:** Hidráulico o detrítico.
- **Otros:** Cables y pilares

La Figura N.º 3 sintetiza lo antes expresado, se puede concluir que el 45,8 % de los accidentes mortales se produjeron en zonas sin sostenimiento. Asimismo, el 21,3 % de los accidentes mortales se produjeron en áreas sostenidas con madera, seguido por el split set y barras helicoidales con 16,1 % y 8,4 %, respectivamente. Se colige que el 45,8 % de los accidentes mortales se produjeron en zonas sostenidas con los tres tipos de sostenimiento.

3.4. ACCIDENTES SEGÚN TURNO DE TRABAJO

Este análisis se hizo con la idea de visualizar si en las guardias de noche o de día se producen la mayor cantidad de accidentes, cuyos resultados ilustra la Figura N.º 4, donde se observa que el 58 % de los accidentes ocurren en los turnos de día y 42 % en el guardia de noche.

3.5. ACCIDENTES SEGÚN HORAS DEL DÍA

La Figura N.º 5 muestra que el 21,1 % (mayor porcentaje) de accidentes mortales ocurrieron entre las 9 y 12 horas, seguido por 20,3 % ocurridos entre las 15 y 18 horas, y 15,8 % entre las 12 y 15 horas. Es decir, entre las 9 y 18 horas ocurrieron el 57,2 % de accidentes mortales, intervalos que corresponden al turno de día. Asimismo, en los turnos de noche el mayor porcentaje de accidentes ocurren entre

las 21 y 00 horas, representando el 10,5 %. Entre las 00 y 3 horas, y 3 y 6 se produjeron el 9 % de los accidentes mortales en cada caso.

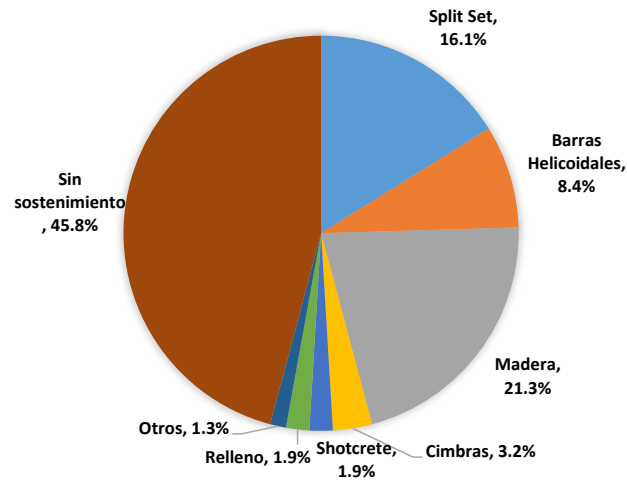


Figura N° 3: Accidentes mortales según tipo de sostenimiento utilizado.

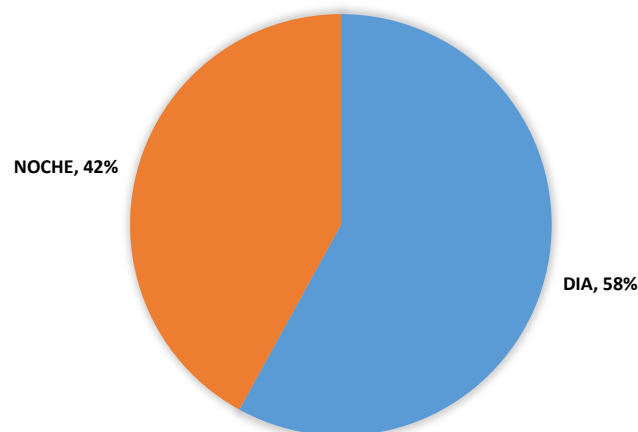


Figura N° 4: Accidentes mortales según turno de trabajo.

3.6. ACCIDENTES SEGÚN OCUPACIÓN DE LAS VÍCTIMAS

Para este análisis, se han considerado las siguientes ocupaciones de los trabajadores victimados:

- **Maestro / Ayudante perforista:** Incluye al perforista con equipo manual, ayudante de perforista, disparador, cargado de explosivos, perforista diamantino.
- **Operador de equipo:** Comprende al operador de Jumbo, Scoop, chofer, locomotorista, carrero, compresorista.
- **Sostenimiento:** Incluye al empernador, shotcretero, relleno hidráulico y detrítico, enmaderador y sus respectivos ayudantes.
- **Supervisor:** Ingeniero funcionario, jefe de guardia, capataz, servidor general de mina.
- **Peón:** Peón, minero, ayudante de mina.
- **Otros:** Extracción de mineral, ayudante de ventilación, oficial de obra, maestro minero, tubero, operador mina, electricista, muestrero, maestro de segunda, bodeguero, carrilano.

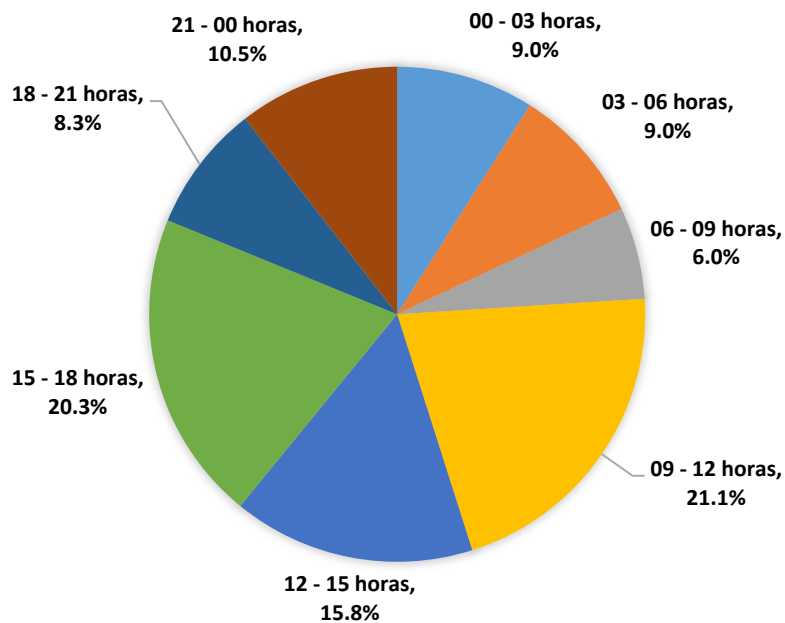


Figura N° 5: Accidentes mortales según horas del día.

La Figura N° 6 muestra los resultados del análisis por este concepto, donde se destaca que los perforistas y disparadores son los que sufren mayor número de accidentes, es decir, el 53 % de los accidentes mortales corresponden a este grupo de trabajadores.

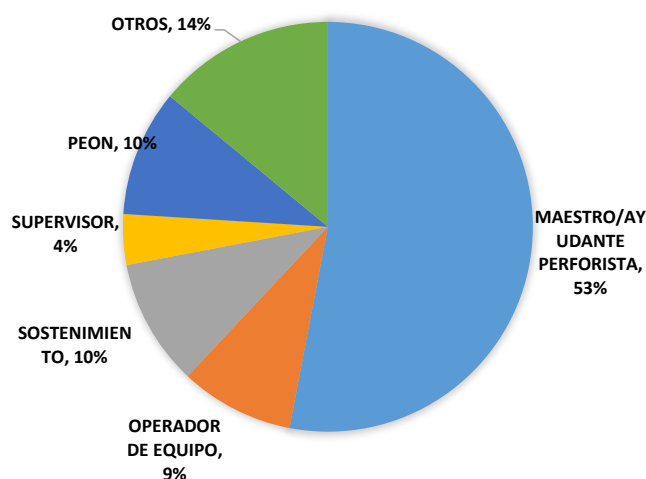


Figura N° 6: Accidentes mortales según ocupación de la víctima.

3.7. ACCIDENTES SEGÚN EL TIEMPO DE SERVICIO DE LA VÍCTIMA EN SU ÚLTIMO CENTRO LABORAL

Como destaca la Figura N.º 7, el mayor número de accidentes mortales sufren los trabajadores antes de cumplir los 6 meses de servicio en la última compañía, es decir, el 32,9 %. Asimismo, 54,3 % de los accidentes mortales sufren aquellos trabajadores antes de cumplir un año de servicio en la última Cía. donde venía laborando.

Los trabajadores que tienen tiempo de servicio de entre 5 y 10 años son los que sufren menos accidentes mortales.

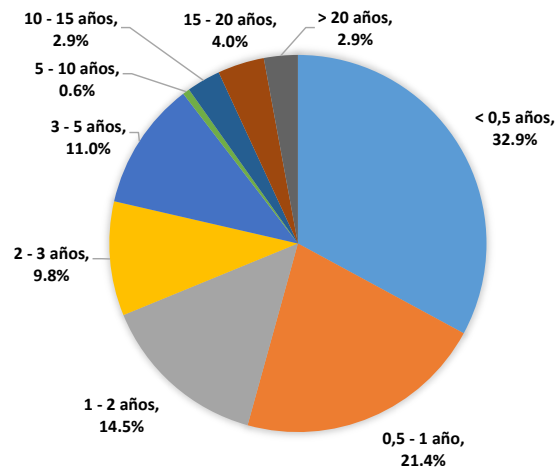


Figura N° 7: Accidentes mortales según tiempo de servicio de la víctima.

3.8. ACCIDENTES EN FUNCIÓN DE LA EXPERIENCIA ACUMULADA DE LA VÍCTIMA

Este análisis se hizo con la finalidad de visualizar la influencia de la experiencia acumulada del trabajador en la ocurrencia de accidentes mortales, cuyos resultados se ilustra en la Figura N.º 8; donde se demuestra que la experiencia acumulada del trabajador tiene poca influencia en la ocurrencia de los accidentes mortales, salvo para aquellos trabajadores que tienen una experiencia de 1 a 2 años, quienes serían más propensos a sufrir accidentes mortales. En el presente análisis, el 21,2 % de las víctimas corresponden a aquellos trabajadores que tenían esa experiencia.

3.9. CONCESIONES MINERAS CON MAYOR NÚMERO DE ACCIDENTES MORTALES DE 2001 A 2012

En la mayoría de los casos, los accidentes mortales ocurrieron en forma intermitente en los años transcurridos, sobre todo en los primeros años de la

década de los años 2000, período en el que se produjeron hasta seis accidentes mortales por año en alguna concesión. Se observa que a partir del año 2005, el número de accidentes ha descendido a 1 o 2 por concesión en la mayoría de los casos en años alternados. A modo de ejemplo, la Tabla N° 2 presenta, entre otros, 15 concesiones mineras que han tenido el mayor número de accidentes mortales de 2001 a 2012, donde se observa lo siguiente:

- En la mayoría de los casos, los accidentes se han producido en forma intermitente, es decir, no consecutivamente cada año sino después de 1 o 2 años.
- En caso de la mina Animón, no obstante de haber acumulado 11 accidentes mortales tan solo en 4 años (2002-2005), se nota que en este período tuvo consecutivamente hasta cuatro accidentes mortales por año (caso del 2004). Del año 2006 hasta 2012 (7 años) no ha tenido accidentes mortales.
- En Milpo, hasta el 2008 se tuvo en forma alternada hasta dos accidentes por año; pero a partir del año 2009 hasta 2012 (4 años), no ha tenido accidentes mortales.
- Otro caso que se distingue, es el de la mina Poderosa, la que hasta el 2003 tuvo accidentes mortales anualmente, pero a partir de 2007 hasta el 2012 (durante 6 años), no ha tenido accidentes mortales.

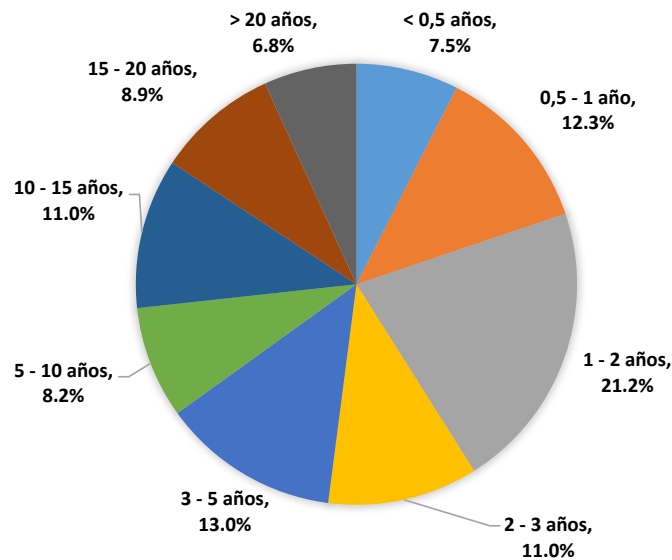


Figura N° 8: Accidentes mortales según experiencia acumulada del trabajador.

Num.	Concesión minera	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
1	Raura	1	5	0	2	0	1	1	1	0	1	0	0	12
2	Atacocha	2	1	0	1	3	1	1	2	0	1	0	0	12
3	Americana	1	0	3	0	1	1	2	0	1	1	1	1	12
4	San Cristóbal	3	0	3	0	1	1	1	0	1	2	0	0	12
5	Huaron	0	1	0	2	1	2	2	1	1	0	1	0	11
6	Ana María de Puno	1	6	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	11
7	Animon	0	3	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	11
8	Cerro de Pasco	2	0	1	0	1	2	0	1	1	0	1	0	9
9	Uchucchacua	1	2	1	0	3	0	0	1	1	0	0	0	9
10	Andaychagua	0	0	0	0	0	4	0	2	2	0	0	1	9
11	Quiruvilca	0	2	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	7
12	Milpo	1	0	1	0	2	0	2	1	0	0	0	0	7
13	Arcata	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	4
14	Poderosa	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
15	Acumulación Parcoy	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	4

Tabla N° 5: Concesiones mineras con mayor número de accidentes del 2007 a 2018

3.10. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES PARA REDUCIR ACCIDENTES EN LABORES SUBTERRÁNEAS

Para que los aspectos analizados en el capítulo III se conviertan en factores, será preciso que alguno de los aspectos que involucren representen al menos el 25 %

de los accidentes mortales, por ejemplo: para el análisis por tipo de sostenimiento, que involucra: mallas, pernos, cimbras, madera, shotcrete, relleno entre otros; se observa que el 32,7 % de los accidentes mortales se produjo en áreas sostenidas con split sets y 32 % con madera. Por consiguiente, este rubro será considerado un factor para reducir accidentes; bajo esta premisa, se tiene en resumen la Tabla N° 3.

3.11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tenemos lo siguiente:

3.11.1. Factor tipo roca

De la Figura 1 se deduce que el 50 % de los accidentes ocurren en roca tipo III y el 37 % en roca tipo IV, que en suma significan el 87 % de los accidentes mortales. Esto implica que, durante el proceso de excavación, se debe tener mayor observancia en estos dos tipos de roca; como aplicar los elementos de sostenimiento oportunamente, luego de seleccionarlos y dimensionarlos adecuadamente. Esto hace suponer también que estos dos tipos de roca son los que más frecuentemente se encuentran en las operaciones mineras.

Factor	Indicador	Accidentes mortales (%)	
		Parcial	Total
Tipo de roca	Tipo III	50	87
	Tipo IV	37	
Tipo de labor	Tajeo	59	87
	Galería	28	
Tipo de sostenimiento	Sin sostenimiento	45.8	45.8
	Split set	16.1	45.8
	Barra helicoidal	8.4	
	Madera	21.3	
Tiempo de servicio	0,0 - 0,5 años	32.9	54.3
	0,5 - 1,0 año	21.4	
Ocupación	Maestro perforista y/o ayudante	53	53
Turno	Turno diurno	58	58
Horas del día	09 - 12 horas	21.1	41.4
	15 - 18 horas	20.3	

Tabla N° 6: Factores para reducir accidentes en labores subterráneas.

Asimismo, en las rocas tipo IIIB y IVA se producen el 33 % y 21 % de los accidentes mortales, respectivamente. Es decir, el 54 % de los accidentes mortales se producen en estos dos tipos de roca. Esto implica que el Departamento de Geomecánica debe clasificar lo más inmediato el tipo de roca en la zona adyacente a la excavación, con la finalidad de aplicar los elementos de sostenimiento más apropiados y sobre todo oportunamente.

3.11.2. Factor tipo de labor

Tal como ilustra la Figura N.º 2, la labor donde se produce la mayor cantidad de accidentes mortales es en los tajeos, es decir, el 59 %. Estas labores por ser excavaciones muy temporales, no se sostienen; en el mejor

de los casos, aplican esporádicos pernos temporales como los split sets, que no garantizan un adecuado sostenimiento, como se ilustra en la Figura N.º 3, más aún cuando se instala en forma aislada.

Otro espacio donde se producen el 28 % de los accidentes son las galerías, donde los trabajadores son alcanzados por desprendimientos de roca durante el tránsito, mantenimiento de servicios, estacionamiento, entre otros. El desprendimiento en estas zonas se produce básicamente por la inadecuada selección y dimensionamiento de los elementos de sostenimiento, al que podría adicionarse el mantenimiento de estas labores. Por consiguiente, entre los tajeos y las galerías se producen el 87 % de los accidentes mortales. Esto implica que los tajeos y frentes deben sostenerse con pernos de acción inmediata, no pernos pasivos y dependiendo del grado de fracturamiento de la roca, combinar con mallas de acero, cuyo costo será definitivamente menor que el de un accidente.

3.11.3. Factor tipo sostenimiento

Durante el levantamiento de la información, se encontraron los tipos de sostenimiento que se habían aplicado en las zonas donde se produjeron los accidentes. Como se presenta en la Figura N.º 3, el mayor porcentaje de accidentes mortales se producen en áreas no sostenidas, es decir, 45,8 %. Asimismo, el 16,1 % de los accidentes mortales se produjeron en zonas sostenidas con split sets, 21,3 % con madera y 8,4 % con barras helicoidales; o sea, el 45,8 % de los accidentes mortales se producen en

zonas donde se aplican estos dos tipos de sostenimiento. Estos resultados indican que se deben sostener los tajeos y frentes con los elementos de sostenimiento adecuadamente seleccionados y dimensionados y sobre todo instalarlos en forma oportuna. Asimismo, se debe evaluar adecuadamente la aplicación de los elementos de sostenimiento, con la finalidad de garantizar un sostenimiento inmediato, seguro y duradero, siendo una buena alternativa aplicar los pernos inflables; para lo cual, definitivamente, el Departamento de Geomecánica deberá tener una activa y decisiva intervención.

3.11.4. Factor ocupación

Los resultados del análisis indican que el personal que está más expuesto al embate de desprendimientos de rocas, es el maestro perforista y su ayudante. La Figura N.º 6 evidencia esta afirmación, en sentido que el 53 % de los accidentes mortales por desprendimiento de rocas, sufren estos trabajadores. Una explicación de esta cuantía es que este personal trabaja siempre pegada al frente de avance de la explotación, por ser la actividad inicial del ciclo de excavación. Este porcentaje es muy similar a los resultados por tipo de labor discutidos en el acápite 5.2, en sentido que el 59 % de los accidentes mortales, se producen en los tajeos.

Este resultado implica que la alta gerencia de las empresas mineras, los supervisores y los geomecánicos deben prestar la debida atención, a los trabajos que se desarrollan en los frentes y tajeos, para no poner en

situación de riesgo al personal de perforación y voladura. La gerencia debe implementar una política de capacitación especial y permanente a este grupo de personal. Los supervisores deben cumplir y dar cumplimiento de las políticas establecidas, y, sobre todo tener mayor vigilancia y control sobre este personal.

Si más del 59 % de los accidente mortales se producen en los tajeos y al personal de perforación y voladura, esto corrobora lo enunciado en 3.2, en sentido que este porcentaje de accidentes puede minimizarse, sosteniendo los frentes y tajeos de explotación, aplicando elementos de sostenimiento más convenientes y sobre todo, oportunamente.

3.11.5. Factor tiempo de servicio

Observando la Figura N° 7, se nota que el 32,9 % de los accidentes mortales sufrieron los trabajadores que aún no habían cumplido medio año de servicios en la última empresa donde venían laborando, y que el 54,3 % de los accidentes mortales corresponden a trabajadores que aún no habían cumplido un año de tiempo de servicio.

Este resultado indica que todo personal nuevo debe ser adecuadamente entrenado y capacitado antes de entrar en la operación, así ingrese con una vasta experiencia acumulado en otras operaciones. Se debe tener una vigilancia especial sobre el nuevo personal, por parte de seguridad y supervisión, en cuanto a sus actos y condiciones en que desarrolla su labor, para tomar las medidas correctivas si fuese el caso.

3.11.6. Factor turno de trabajo

La Figura N° 4 muestra que el 58 % de accidentes mortales se producen en la guardia de día, pareciera que el trabajador tiene mejor concentración de trabajo en las guardias de noche. Las verdaderas causas de esta paradoja convendría profundizarlas en una investigación que no está al alcance de este estudio; como: las actividades que desarrolla en las noches cuando está en guardias de día, horas de sueño nocturno; problemas familiares, sociales, y laborales del trabajador; condiciones físicas y mentales, entre otros.

3.11.7. Factor horas del día

De acuerdo a lo que ilustra la Figura N°5, el mayor porcentaje de accidentes (21,1 %), ocurren entre las 9 y 12 horas y entre las 15 y 18 horas con 20,3 %. Es decir entre estos dos intervalos de tiempo se producen el 41,4 % de los accidentes mortales, que corresponden a los turnos de día. En los turnos de noche el mayor porcentaje de accidentes ocurren entre las 21 y 00 horas, representando el 10,5 %.

Sobre este factor y el anterior, amerita profundizar los estudios para determinar las causas por las que en los turnos de día y en los intervalos antes indicados, se producen el mayor porcentaje de accidentes; encomendando esta investigación a especialistas relacionados con la sociología o psicología industrial.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. El 87 % de los accidentes ocurren, en suma, en las rocas tipo III y IV, de los cuales el 33 % ocurren en roca tipo IIIB y 21 % en roca tipo IVA. Esto implica que el Dpto. de Geomecánica debe clasificar el macizo rocoso en el menor tiempo posible y verificar permanentemente su variación, para aplicar los elementos de sostenimiento más adecuados y sobre todo en forma oportuna, es decir, dentro del tiempo de su auto soporte.
2. El maestro perforista o ayudante con menos de un año de servicio tienen alta probabilidad de sufrir accidentes. Ello conlleva a que la gerencia de seguridad

y los supervisores presten especial atención a las acciones y condiciones en que desarrollan su labor, además de su permanente capacitación.

3. El 53 % de los accidentes mortales en minas subterráneas lo sufren los maestros perforistas o los ayudantes.
4. El 59 % de los accidentes mortales ocurren en los tajeos. Ello implica que estas labores deben sostenerse seleccionando, dimensionando y aplicando en forma oportuna los elementos de sostenimiento más adecuados.
5. El 54,3 % de los accidentes mortales sufren los trabajadores que tienen menos de un año de servicio. Este factor indica que el personal nuevo debe recibir una buena capacitación y entrenamiento; debe conocer plenamente las operaciones antes de emprender con su labor propiamente, y, la supervisión debe tener mucha vigilancia sobre el nuevo personal.
6. El 45,8 % de los accidentes mortales ocurren en áreas no sostenidas (tajeos y frentes). Para reducir en número de accidentes, este factor indica que estas labores deben sostenerse, con pernos de acción inmediata y garanticen un arco de sostenimiento, como los pernos inflables.
7. En áreas sostenidas con split sets, madera o barra helicoidal, se producen el 45,8 % de los accidentes mortales, de los cuales 21,3 % se produce cuando se usa madera. El Departamento de Geomecánica deberá tener una activa y decisiva labor para evaluar y seleccionar los elementos de sostenimiento más adecuados, acorde con las realidades del macizo rocoso.
8. El 58 % de los accidentes mortales ocurren en los turnos de día.

9. El 21,1 % de los accidentes mortales se producen entre las 9:00 y 12:00 horas y el 20,3 % entre las 15:00 y 18:00 horas, que en suma representan el 41,4 % de los accidentes mortales.
10. Los factores a considerar para reducir accidentes son: a) Tipo de roca, b) Tipo de labor, c) Tipo de sostenimiento, d) tiempo de servicio, e) Ocupación, f) Turno de trabajo, y g) Horas del día.
11. Haciendo un análisis de las concesiones mineras con mayor número de accidentes mortales ocurridos del 2001 al 2012 (12 años), se observa que hay concesiones que a partir del 2006 y 2007 no han tenido accidentes mortales hasta 2012, como Animón y Poderosa.

4.2. RECOMENDACIONES

1. El sostenimiento mecanizado de pernos split set y malla electrosoldada es recomendable en las labores subterráneas de explotación temporales.
2. Se debe implementar con equipos modernos el área de geomecánica de la mina Chungar para realizar un estudio detallado de la estructura del macizo rocoso del yacimiento minero.
3. Se recomienda también el uso de otros sistemas de sostenimiento mecanizado tales como los pernos hidrabol, swellex que proporcionan buenos resultados por su mayor adherencia en las labores de explotación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calderón Solís, A. (2012). *Sistema de Gestión de Riesgos para la Prevención de Accidentes en la Mina El Brocal S.A.A. Unidad Colquijirca-Pasco*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
2. Giraldo Paredes, E. M. (2016). Identificación de factores para reducir accidentes por desprendimientos de rocas en minería subterránea. *Revista del Instituto de Investigación de la FIGMMG - UNMSM*, Vol. 9, N° 37, pp. 47-55.
3. Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill Educación.
4. Huancahuari Flores, S. (2009). *La Prevención de los Riesgos Ocupacionales Mineros como Responsabilidad de la Empresa*. Lima: Unidad de Posgrado de la Universidad Mayor de San Marcos.
5. Justo del Águila, E. C., & Mendoza Isuiza, S. V. (2018). *Inversión Pública y su Relación con el Crecimiento Económico del Distrito de Tarapoto, 2010 - 2015*. Tarapoto: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
6. Kaseng Solís, F. L. (2017). *Guía Práctica para Elaborar Plan de Tesis y Tesis de Post Grado*. Lima: Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal.
7. Lopez Cordero, J. L., & Soto Pretel, E. F. (2014). *Inversión Pública y su Impacto en la Actividad Económica de las Familias del Distrito de Anco, 2007-2011 (Tesis de Pregrado)*. Ayacucho: Facultad de Ciencias Económicas

Administrativas y Contables Escuela Profesional de Economía de la Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.

8. Maldonado Carrillo, G. (2012). *Contribución de la Inversión Pública en Ciencia y Tecnología, a Través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la Competitividad de las Regiones en México (Tesis Doctoral)*. Madrid: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Complutense de Madrid.
9. Moreno Diaz, E. V. (2013). *Influencia de la Inversión Pública en Infraestructura sobre el Crecimiento de la Economía Peruana, Período 1980-2011 (Tesis de pregrado)*. Trujillo: Escuela de Economía de la Universidad Nacional de Trujillo.
10. Navarro García, F. (2012). *Responsabilidad Social Corporativa: Teoría y Práctica*. París: ESIC.
11. Orrego, C. I. (2008). La Dimensión Humana del Emprendimiento. *Revista Ciencias Estratégicas. Vol. 16, N° 20, 226*.
12. Pardomo Moreno, A. (2002). *Elementos Básicos de Administración Financiera*. México: International Thomson Editores S.A.
13. Pereira Laverde, F. (Julio-Diciembre,2007). La evolución del Espíritu Empresarial como Campo del Conocimiento. Hacia una Visión Sistémica y Humanista. *En Cuadernos de Administración*, 11-37.
14. Ponce Sono, S. S. (2013). *Inversión Pública y Desarrollo Económico Regional (Tesis de Posgrado)*. Lima: Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

15. Quiñones Huayna, N. M. (2016). *Efectos del Gasto Público sobre la Pobreza Monetaria en el Perú (Tesis de posgrado)*. Lima: Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
16. Reungsri, T. (2010). *The Impact of Public Infrastructure Investment on Economic Growth in Thailand (Tesis Doctoral)*. Australia: Monash University.
17. Romero Rodriguez, C. A. (2016). *Análisis de la Ejecución de la Inversión Pública y su Incidencia en la Calidad de Vida de la Población: Región La Libertad, período 2009-2015 (Tesis de Posgrado)*. Trujillo-Perú: Escuela de Posgrado de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Trujillo.
18. Torres Alvarez, L. R. (2016). *Diseño y Aplicación de Shotcrete para Optimizar el Sosténimiento en la Unidad Económica san Cristóbal - Mina Bateas*. Arequipa: Tesis de Pregrado de la Facultad de Geología, Geofísica y Minas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
19. Vukeya, V. (2015). *The impact of Infrastructure*. South Africa: University of Zululand.

ANEXOS

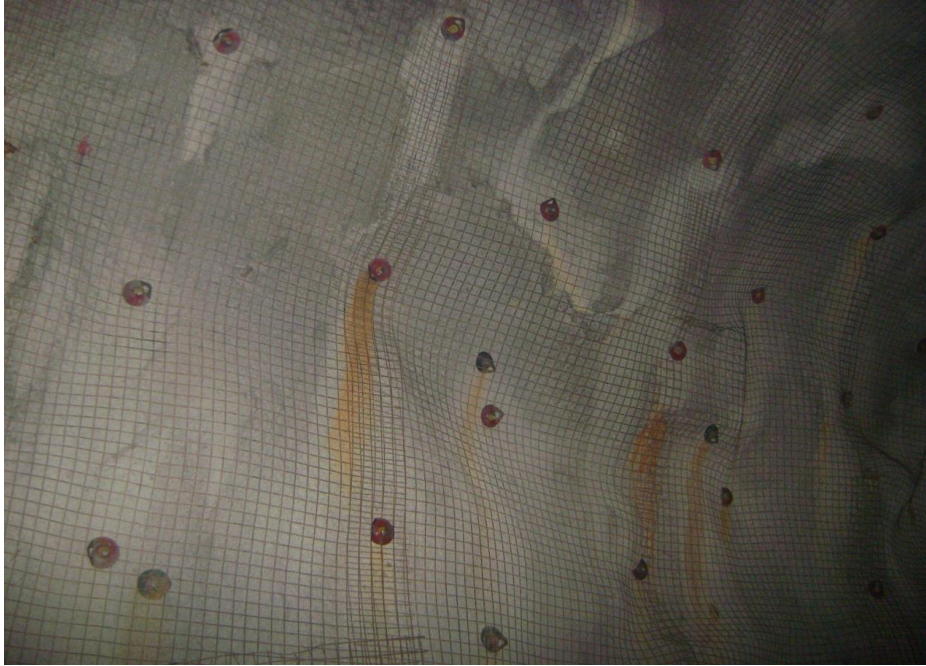
Anexo N° 1: Panel fotográfico



Fotografía N° 1: Trabajo de campo antes de ingresar a la mina



Fotografía N° 2: Camiones Mixer que transportan el concreto a la mina



Fotografía N° 3: Sistema de sostenimiento en la Mina Animón



Fotografía N° 4: Planta de relleno hidráulico de la Mina Animón



Fotografía N° 5: Pique Esperanza



Fotografía N° 6: Planta concentradora