

# Identificación de factores para reducir accidentes por desprendimiento de rocas en minería subterránea

## Identification of factors to reduce accidents by rockfall in underground mining

MSc. Ing. Emiliano Mauro Giraldo Paredez<sup>1</sup>

RECIBIDO: 28/11/2015 - APROBADO: 30/06/2016

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio es identificar factores para reducir accidentes en las labores mineras u otras excavaciones subterráneas, ocasionados por desprendimiento de rocas. Para alcanzar tal propósito, se investigó los accidentes mortales ocurridos de 2001 a 2011, 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.

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

### ABSTRACT

The purpose of this research is to identify factors to reduce accidents in mining operations or other underground excavations, caused by a rockfall. To achieve this purpose, it was investigated fatal accidents that occurred from 2001 to 2011, in the original sources, among others, MINEM, Ministry of labour and employment promotion and OSINERGMIN. From this information compiled and processed, it was proceeded to do appropriate analysis, as a result of which the following factors were identified: to) Type of rock: 87 percent of fatal accidents occurred on III and IV rocks type. b) Type of support: 45.8% of the fatalities occurred in areas not supported; in areas supported with wood, Split Set and Threaded rebars occurred 48.5 %. (c) Labor type: 59% of the fatalities occurred in the stope. (d) Occupation: 53 % of the fatalities suffered Drillers or assistants. e) Shift: 58 percent of fatal accidents occurred on day shifts. (f) Hours of day: 41.4% of fatalities occurred between 9:00-12:00 hours and 15:00-18:00 hours. (g) Time in Service: 54.3% of fatalities were workers with less than one year of service.

**Keywords:** Miner accident, accident factors, rockfall, underground mining.

<sup>1</sup> Docente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: egiraldop@unmsm.edu.pe / egiraldop@hotmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se desarrolla con la finalidad de tener presente los factores por los que se producen la mayor cantidad de accidentes por desprendimiento de rocas, en labores mineras subterráneas y propender a su reducción; dado que de acuerdo a las estadísticas del Ministerio de Energía y Minas, el 33 % de accidentes mortales es producido por desprendimiento de rocas.

Con tal propósito, se investigado los accidentes ocurridos en el período comprendido entre 2001 y 2011 (11 años) en la minería peruana, por desprendimiento, en base a la información recopilada del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) y Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN).

Entre otros aspectos, se han analizado: Tipo de roca predominante, tipo de sostenimiento aplicado en el área del accidente, tipo de labor donde se produjeron los accidentes, turno de trabajo cuando se produjeron los accidentes, horas del día en las que se produjeron los accidentes, ocupación del accidentado, tiempo de servicio en la última empresa donde venía laborando la víctima y experiencia acumulada de la víctima.

## 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 mineras, utilizan por lo general la clasificación de Bieniawski o Barton (Giraldo, 2015).

### 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, 2015).

### 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, 2011 y 2015).

### 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 2001 al 2004 se encontraron en los archivos de la Dirección General de Minería del MINEM, y los ocurridos del 2005 a junio de 2011 se ubicaron en OSINERGMIN. El MTPE se hizo cargo para investigar los accidentes ocurridos desde el mes julio de 2011 hasta abril de 2013, donde no se encontraron expedientes adecuadamente organizados. Desde el abril de 2013, el manejo y la investigación de los accidentes mortales ocurridos en las operaciones mineras, ha vuelto a la jurisdicción de OSINERGMIN.

### 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.º 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 2001 al 2011. En el caso de los accidentes ocurridos en el año 2012, 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.

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, 2013).

Tabla N.º 1. Número de accidentes mortales analizados (del 2001 al 2011).

Año	Num. total de casos	Casos analizados		Casos de expedientes inubicables o por resolverse		Observaciones
		Num.	Porcentaje (%)	Num.	Porcentaje (%)	
2001	30	21	70.0	9	30.0	INUBICABLE
2002	31	20	64.5	11	35.5	INUBICABLE
2003	22	16	72.7	6	27.3	INUBICABLE
2004	23	16	69.6	7	30.4	INUBICABLE
2005	32	24	75.0	8	25.0	INUBICABLE
2006	17	15	88.2	2	11.8	INUBICABLE
2007	14	11	78.6	3	21.4	INUBICABLE
2008	23	19	82.6	4	17.4	INUBICABLE
2009	23	17	73.9	6	26.1	INUBICABLE
2010	18	9	50.0	9	50.0	INUBICABLE
2011	14	6	42.9	8	57.1	INUBICABLE
TOTAL	247	174	70.4	73	29.6	

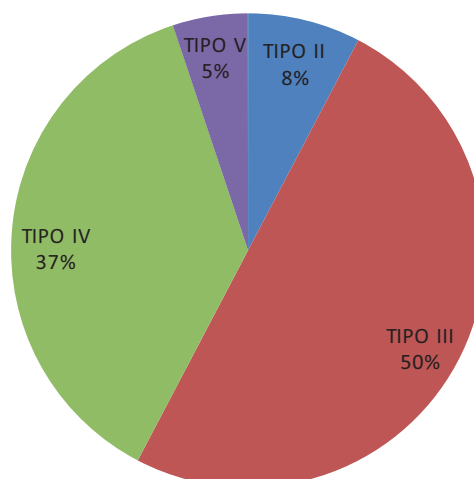


Figura N.º 1. Accidentes mortales (%) por desprendimiento de rocas según tipo de roca.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 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 (Osinermin, 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:

$$RMR = 9 \ln(Q) + 44$$

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.

#### 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.º 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

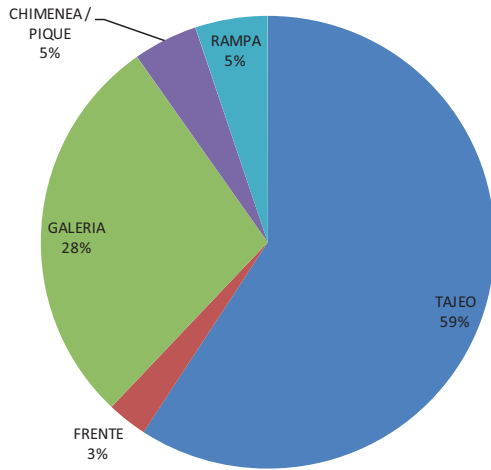


Figura N.º 2. Accidentes porcentuales según tipo de labor.

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 tablonos 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.

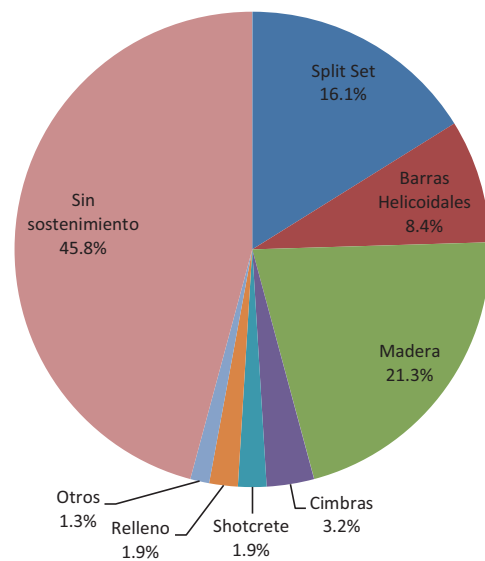


Figura N.º 3. Accidentes mortales según tipo de sostenimiento utilizado.

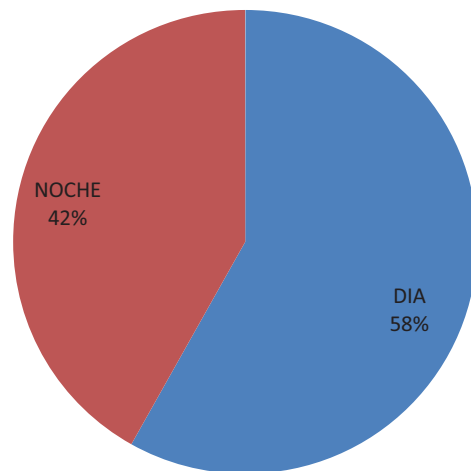


Figura N.º 4. Accidentes mortales según turno de trabajo.

### 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, shoteretero, 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.

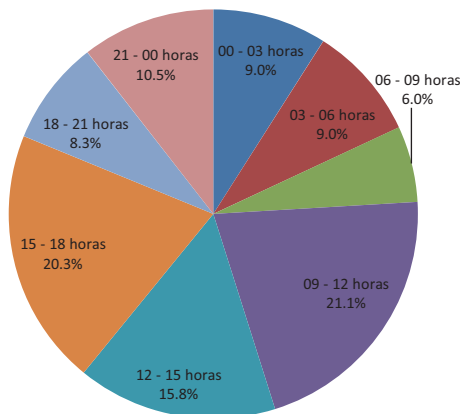


Figura N.º 5. Accidentes mortales según horas del día.

La Figura N.º 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.

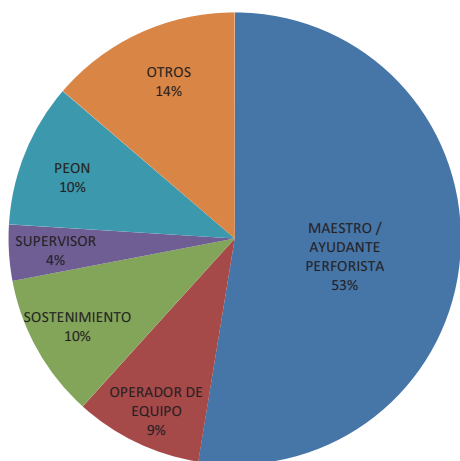


Figura N.º 6. Accidentes mortales según ocupación de la víctima.

### 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.

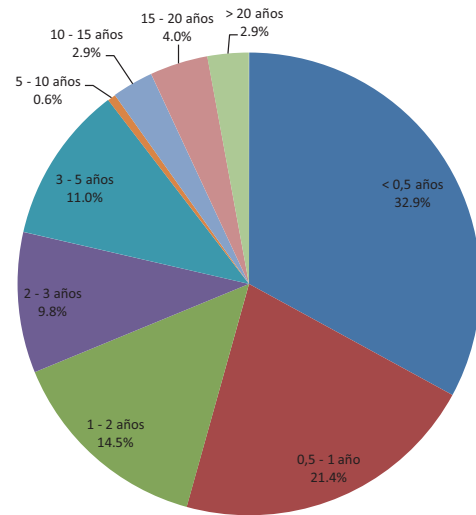


Figura N.º 7. Accidentes mortales según tiempo de servicio de la víctima.

### 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.º 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.

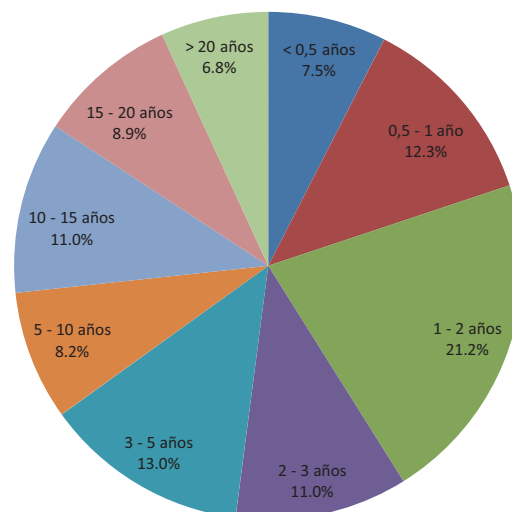


Figura N.º 8: Accidentes mortales según experiencia acumulada del trabajador

Tabla N.º 2. 15 concesiones mineras con mayor número de accidentes mortales de 2001 a 2012.

Num.	Concesión minera	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	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	Huarón	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

### 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.º 3.

#### 3.10.1. 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.

Tabla N.º 3: Factores para reducir accidentes en labores subterráneas.

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	
	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	

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 oportunos.

### 3.10.2. 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.

### 3.10.3. 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.

### 3.10.4. 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.

### 3.10.5. Factor tiempo de servicio

Observando la Figura N.º 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.

### 3.10.6. Factor turno de trabajo

La Figura N.º 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.

### 3.10.7. Factor horas del día

De acuerdo a lo que ilustra la Figura N.º 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.

## IV. 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.

## V. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), a la Dirección de Regulación y Supervisión del Sistema de Inspección del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo y al Instituto de Seguridad Minera (ISEM) por las facilidades brindadas para el levantamiento de información. Asimismo, agradece a la Dra. Elvira Badillo B. por su apoyo en asuntos legales; a sus alumnos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por su



colaboración en el levantamiento de información en las diversas instituciones.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso R., Fco, J. (2007). *Caracterización de los macizos rocosos*. Oviedo, España: Facultad de Geología (Petrología y Geoquímica), Universidad de Oviedo.
2. Dirección General de Minería - MINEM. *Estadística de accidentes mortales en el sector minero*. [www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe) (visitado enero 2014).
3. Dirección General de Minería. *Expedientes de accidentes mortales por desprendimiento de rocas de 2001 a 2004*. Ministerio de Energía y Minas, Lima - Perú.
4. Giraldo, E. (2011). Rendimiento de los pernos de roca de mayor aplicación en el Perú. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, Vol. 14 N.º 28, Julio - Diciembre 2011. pp: 25-40.
5. Giraldo, E. (2015). Implicancias técnicas y económicas de los accidentes mortales en la minería peruana. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, Vol. 18 N.º 35, Enero - Junio 2015.
6. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN. *Expedientes de accidentes mortales por desprendimiento de rocas de 2005 a Junio 2011*. Lima - Perú.

