

# CAPSUL

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA  
MINEROS ACUÑADORES DE LA PEQUEÑA MINERÍA  
SUBTERRÁNEA

MARÍA IGNACIA NORIEGA





Universidad del Desarrollo

# CAPSUL

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA MINEROS ACUÑADORES DE LA PEQUEÑA MINERÍA SUBTERRÁNEA

MARÍA IGNACIA NORIEGA





Universidad del Desarrollo

# CAPSUL

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA MINEROS ACUÑADORES DE LA PEQUEÑA MINERÍA SUBTERRÁNEA

Autor: María Ignacia Noriega

Memoria preliminar presentada a la Facultad de Diseño de la Universidad del Desarrollo para optar al Título Profesional de Diseñador

Profesor(es) Guía: Sra. Denisse Lizama / Sr. Ian Tidy

Santiago de Chile, Diciembre 2022

# AGRADECIMEINTOS

A mi familia por apoyarme en todo el proceso y siempre alentarme a dar lo mejor de mí. A mi mamá por ser mi mayor contención, a mi papá por nunca dejarme sola y alentarme cuando más lo necesito. A mis abuelos por siempre estar al pendiente de todo lo que pasa y alentarme a seguir adelante con todas mis ideas y proyectos.



# RESUMEN

La minería es una de las principales actividades económicas del país, siendo el cobre el metal impulsor de la economía nacional, posicionando a Chile como el mayor explotador de este metal a nivel mundial. El extraer material de manera subterránea, está ligado a múltiples riesgos de los cuales los mineros están expuestos desde que entran a la mina hasta que salen, siendo la caída de rocas la principal razón de accidentes, sobre todo en la pequeña minería. Quienes están más expuestos a sufrir accidentes de este tipo son los mineros acuñadores, ya que se deben encargar de hacer caer toda roca suelta evitando que caigan de manera imprevista, soportando la caída de pequeñas rocas y partículas que comúnmente caen proyectadas hacia ellos. Los mineros acuñadores son la primera línea en la pequeña minería, donde se arriesgan día a día por crear un lugar seguro para la circulación de sus compañeros mineros, por lo que la pregunta que nace es ¿Quién los protege a ellos? o ¿Cómo protegerlos de los impactos de roca?. La mala o ineficiente acuñadura puede generar consecuencias como accidentes graves o hasta fatales ya que entre el 30 y 40% de los accidentes por caída de roca se generan en este proceso. Es por eso que tras investigar los orígenes de los factores de riesgo, sus características y comprender al minero acuñador, nace la necesidad de crear un dispositivo de protección personal para mineros acuñadores de la pequeña minería subterránea.

Palabras claves: Protector, Accidente, Acuñadura, Caída, Rocas.

# ÍNDICE

# 01

## Introducción

1.2 Introducción      pág. 17

# 02

## Minería en Chile

2.1 Chile país minero      pág. 19  
2.2 Cobre      pág. 21  
2.3 Escalas de producción minera      pág. 22  
2.4 Seguridad minera      pág. 24  
2.5 Riesgos de la pequeña minería      pág. 25  
2.6 Clasificación de accidentes      pág. 26

# 03

## Pequeña minería subterránea

3.1 Partes de una galería      pág. 29  
3.2 Procesos productivos      pág. 30  
3.3 Cambios en el comportamiento dinámico del macizo rocoso      pág. 31  
3.4 Caída de rocas      pág. 32  
3.3.1 Factores que generan caída de rocas      pág. 33

# 04

## Acuñadura

<b>4.1 Qué es la acuñadura</b>	pág. 38
4.2 Importancia de la acuñadura	pág. 39
4.3 Cuando se debe acuñar	pág. 40
4.4 Duración del proceso	pág. 41
4.5 Capacitación del minero acuñador	pág. 42
4.6 Causas específicas de los accidentes	pág. 43
4.7 Mineros acuñadores	pág. 44
4.8 Epp minero	pág.45
4.9 Tipo de acuñadura	pág. 46
4.9.1 Acuñadura mecanizada	pág. 46
4.9.2 Acuñadura manual	pág. 47
4.9.3 Etapas de la acuñadura manual	pág. 48

# 05

## Riesgos de la acuñadura manual

5.1 Riesgos ergonómicos	pág. 55
5.2 Riesgos por caída de rocas	pág. 65
5.3 Tamaño de rocas y dirección de caída	pág. 66

# 06

## Formulación del proyecto

6.1 Problemática	pág. 76
6.2 Caso de diseño	pág. 77
6.3 Objetivos generales	pág. 78
6.4 Obj. específicos	pág. 79
6.5 Definición del usuario	pág. 80

# 07

## Referentes

- 7.1 Referentes directos      pág. 85
- 7.2 Referentes indirectos    pág. 91

# 08

## Materiales

- 8.1 Materiales de protección    pág. 97
- mecánica

# 09

## Proceso de diseño

- 9.1 Propuesta preliminar      pág. 105
- 9.2 Desarrollo formal        pág. 108

# 10

## Propuesta de diseño

- 10.1 Propuesta conceptual      pág. 120
- 10.2 Propuesta formal        pág. 134
- 10.3 Proceso de prototipado   pág. 143

# 11

## Conclusión

- 11.1 Conclusión                      pág. 150

# 12

## Bibliografía

- 12.1 Bibliografía                      pág. 152

# ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Sernageomin, 2018.

Imagen 2: BNamericas. (s. f.). [Mineras definen hitos en proyectos de centroamerica].

Imagen 3: Chacón, T. (2022, 5 mayo). Seremi de atacama convoca a pequeños mineros al fondo nacional de desarrollo regional [Fotografía]. Rumbo minero.

Imagen 4: Minería, la salida es por aquí. (s. f.). [Fotografía], Semana.

Imagen 5: Minería, la salida es por aquí. (s. f.). [Fotografía], Semana.

Imagen 6: Cervera, A. (2020, 16 noviembre). Técnicas de voladura en minería subterránea.

Imagen 7: Cervera, A. (2020, 16 noviembre). [Perforación de la frente]. Técnicas de voladura en minería subterránea.

Imagen 8: Cervera, A. (2020, 16 noviembre). Técnicas de voladura en minería subterránea.

Imagen 9: Inducción Minas subterráneas(2018), scribd.

Imagen 10: Sernageomin, 2018

Imagen 11: Floraquita, A. (2014, 9 septiembre). Desatado de rocas

Imagen 12: Floraquita, A. (2014, 9 septiembre). Desatado de rocas

Imagen 13: Floraquita, A. (2014, 9 septiembre). Desatado de rocas

Imagen 14: Floraquita, A. (2014, 9 septiembre). Desatado de rocas

Imagen 15: Seguridad Minera. (2017, 24 noviembre). [Mineros acuñadores]. Procedimiento para el desatado de rocas en la minería subterránea.

Imagen 16: Sernageomin, 2018

Imagen 17: [Minería]. (s. f.). Quincy compressor.

Imagen 18: Sernageomin, 2018

Imagen 19: Normet

Imagen 20: Normet

Imagen 21: Seguridad minera, (2017, 9 octubre).

Imagen 22: Seguridad minera, (2017, 9 octubre).

Minera Santa Cruz

Imagen 23: Sernageomin, (2018)

Imagen 24: Sonami. (2018, junio). [Mineros acuñando]. Boletín minero.

Imagen25: Enami y Sonamin, s.f.

Imagen26: Indiamart.

Imagen27.: polimertecnic

Imagen 28:Envaselia

Imagen 29: Urdile.

Imagen 30:Okdiario

Imagen 31: Racer1927

Imagen 32: Racer1927

Imagen 33: polimertecnic

Imagen 34: Urdile.

Imagen 35: Cep-plasticos

Imagen 36: Underground mining

Imagen37: Minera Santa Cruz

Imagen38: Underground mining

# 01

## Introducción



Imagen 2

La minería en Chile es una de las actividades más importantes tanto a nivel nacional como internacional, destacándose en la explotación de uno de los metales más esenciales del mundo, como lo es el cobre, pero también en otros minerales como el molibdeno, plata, oro y hierro. Chile es una de las potencias mundiales en esta actividad, y es donde se encuentran los yacimientos de cobre más importantes del mundo como la mina el Teniente, Chuquibambilla, La Escondida, entre otras. Se destaca también por los bajos índices de accidentabilidad que se reporta en esta actividad, que es considerada de alto riesgo, pero que siempre están presentes los errores de proceso debido al factor humano, que pueden desencadenar un accidente fatal o grave que incapacite al minero. Uno de los riesgos que está más presente en la minería y sobre todo en la pequeña, es la caída de rocas. Esta se debe a distintos factores tanto geológicos como de factor humano. Una de las actividades que controlan la caída de rocas es la acañadura y ésta representa el mayor riesgo de accidentabilidad. El minero acañador debe verificar el terreno mediante el contacto con el macizo rocoso ya que su función es hacer caer de manera controlada y precisa todas las rocas que estén sueltas mediante la herramienta llamada barretilla. Al momento de hacer caer la roca, muchas veces hay impactos mecánicos que afectan al minero acañador como por caída de pedazos de rocas que rebotan y se dirigen hacia ellos y caída de rocas en caída libre. Esto se debe a múltiples razones, como una mala posición del minero, estar muy cerca del lugar de caída de la roca, mala ejecución, arriesgarse mucho, y error humano. Es por eso que surge la siguiente interrogante, ¿Cómo desde el diseño se puede proteger a los mineros acañadores de la pequeña minería subterránea de los impactos mecánicos por rocas?. Este proyecto de título busca resolver el problema sobre la situación de riesgo de los mineros acañadores frente a impactos mecánicos por caída de roca tanto por caída libre como por rebote en el ámbito de pequeña minería subterránea. Para ello, los objetivos específicos a desarrollar son : Proteger al minero acañador de impactos por caída de rocas, Crear un dispositivo ligero, adaptable y resistente que aumente la percepción de seguridad, resguardar al minero acañador por accidentes por error humano y crear un dispositivo con contexto minero.

# 02

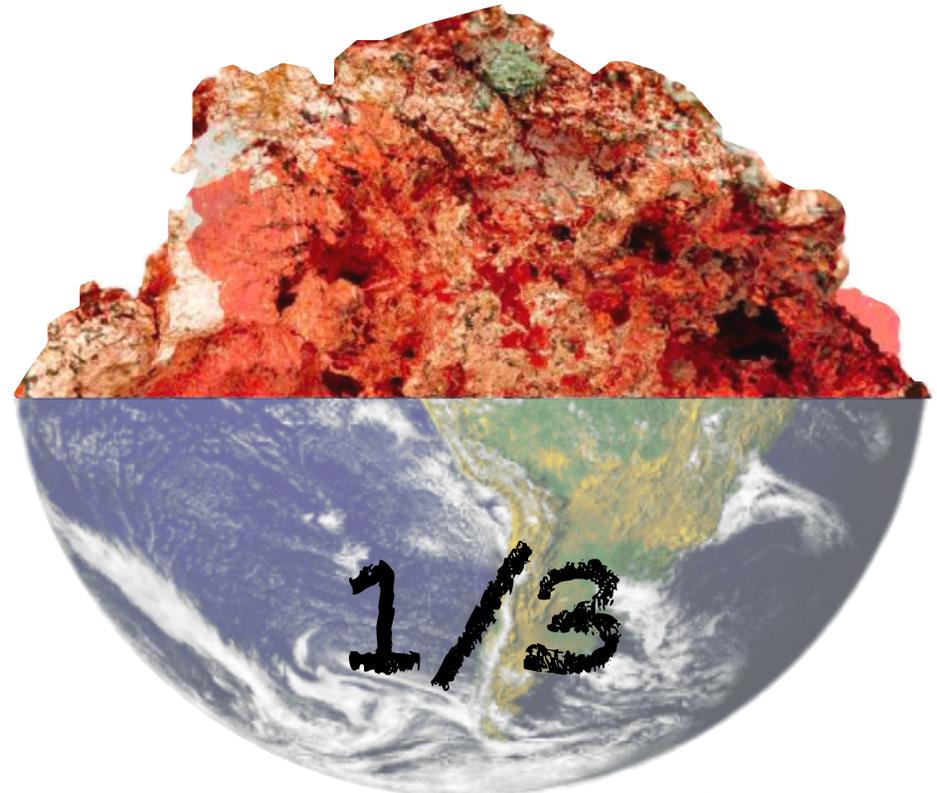
## Minería en Chile



## 2.1 Chile país minero

Una de las actividades más importantes y tradicionales de Chile desde la época colonial, es la minería. Esta actividad le da a Chile una identidad minera que " desde el siglo XVI ha avanzado en forma constante e incansable, logrando convertirse en la industria más competitiva que dispone el país a nivel internacional, siendo además el pilar más sólido en que se sustenta el desarrollo económico y social actual" (Chile país minero, 2012,pág 2.), llegando a convertirse y ser catalogado como una potencia mundial en esta actividad.

Hay que considerar que "Chile es un país pequeño, que sólo posee el 0.6% de la superficie terrestre" (Chile país minero, 2012, pág 2.), pero que a pesar de esa pequeña cifra, es considerado como el primer productor a nivel mundial de distintos metales, principalmente del cobre. Según Alberto Salas M, presidente de Sonami en 2012 , plantea que este liderazgo es fruto de la cantidad de recursos naturales que posee Chile, donde "el 30% de las reservas y recursos conocidos de cobre del mundo están en territorio chileno. (Chile país minero, 2012, pág 2.).



Del metal rojo del mundo, está en Chile.

Figura 1: Elaboración propia / Cantidad de cobre en Chile  
Fuente: En base a información de Chile país minero 2012

Dentro del territorio chileno, la zona norte es reconocida como puramente minera, debido a que la minería es la principal fuerza productiva. Regiones como Tarapacá, Antofagasta y Atacama tienen la mayor cantidad de yacimientos mineros además de la mayor producción a nivel nacional. Según Chile país minero, en una publicación del mercurio junto a Sonami y emol, plantean que en la región de Antofagasta, el 66% del producto regional es generado por la minería, en tanto que en Tarapacá el aporte minero es de 54% y en Atacama de 51% (Chile país minero, 2012, pág 2.).



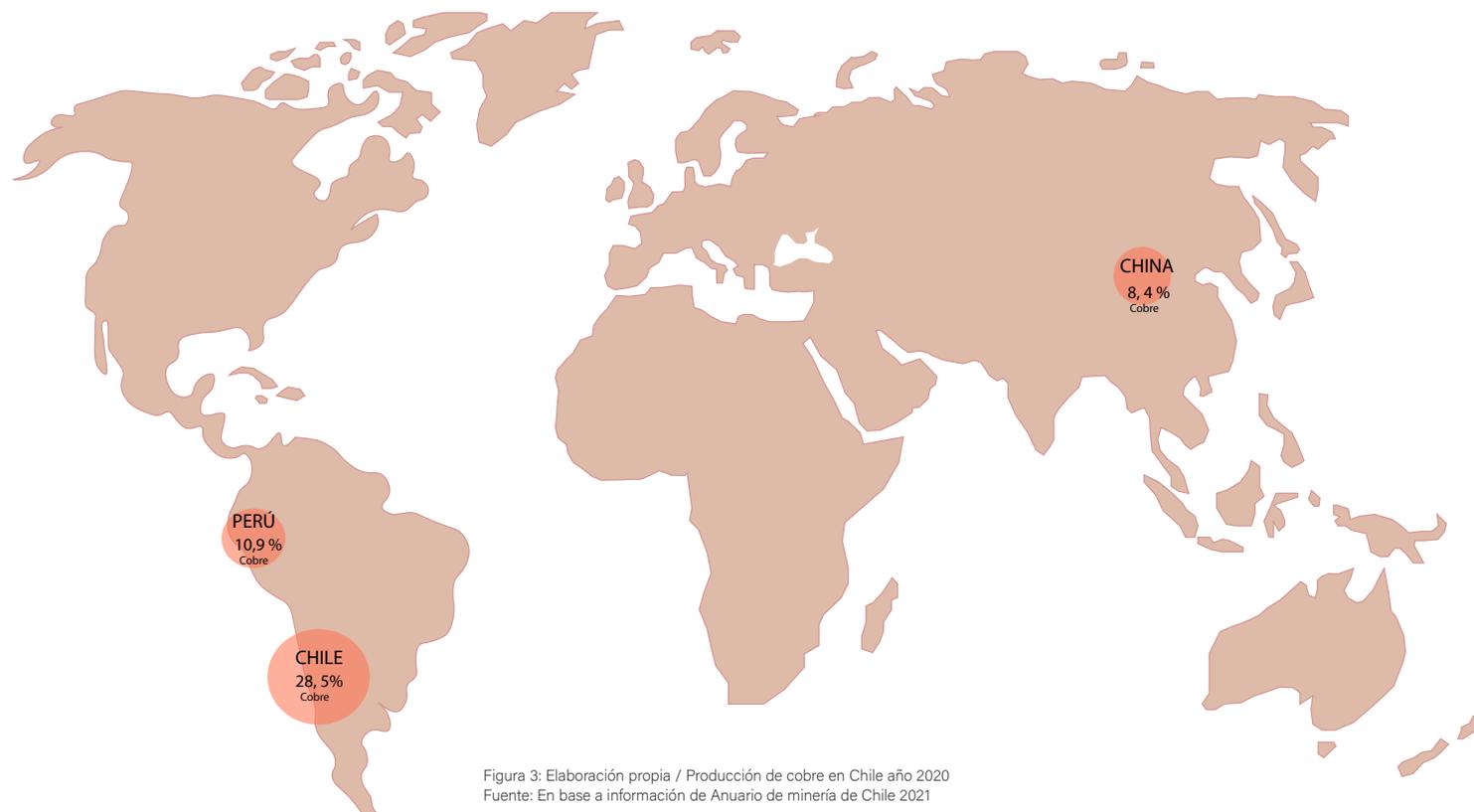
Figura 2: Elaboración propia / Extracción del cobre en el norte de Chile  
Fuente: En base a información de Chile país minero 2012

## 2.2 Cobre

El cobre es una de las materias primas con mayor uso en el mundo, teniendo influencias en el campo de la ingeniería eléctrica, construcción, la industria automotriz, el transporte, la industria química, la salud, entre otras, (Consejo minero, 2019) esto debido a sus propiedades como la alta resistencia a la corrosión, gran conductor eléctrico, excelente conductor térmico, es dúctil y maleable, se puede reciclar, además posee propiedades antimicrobianas (Codelco educa, s.f)

La producción del cobre en Chile alcanzó las 5773 mil toneladas métricas en el año 2020, lo que equivale al 28.5% de la producción mundial, superando a países como Perú con un 10.9% y China con un 8.4%, lo que en conjunto alcanzaron el 47.8% de la producción mundial. (Anuario de la minería de Chile, 2021).

Chile no solamente realiza una producción de cobre, sino que su producción de minerales metálicos es más amplia donde se puede destacar el Molibdeno, Oro, Plata, Hierro, Manganeso, Plomo y Zinc, pero con un nivel de producción mucho más bajo comparado con el metal rojo. Anuario de la minería de Chile 2020. (2021, junio).



## 2.3 Escalas de producción minera

La extracción en minería se puede hacer mediante dos métodos de explotación. La primera es a Tajo abierto la cual se desarrolla en la superficie de terreno y donde se extrae alrededor del 81% del cobre (Consejo minero, 2021, pág.35).

Y la segunda es mediante mina subterránea la cual se diferencia en que la producción está por debajo de la superficie terrestre.

La minería se divide en tres grandes sectores o escalas de producción, las cuales son la gran minería, la mediana minería y la pequeña minería. Según la Sociedad Nacional de Minería, estas se diferencian según el número de toneladas métricas explotadas en un año, teniendo relación con el nivel de eficiencia de mano de obra. Ya que producto del capital extranjero invertido en la gran minería, esta obtiene un nivel de eficiencia alto, superando al nivel de producción de la mediana y pequeña minería, los que también se caracterizan por tener origen en iniciativas de grupos empresariales chilenos o dueños individuales locales. (Rivera Y Aroca, N. P ,2013)

Además se pueden diferenciar según las tecnologías e infraestructuras que poseen, ya que la gran minería cuenta con grandes compañías mineras, con enorme capital extranjero invertido, grandes infraestructuras, tecnología y su producción de metales se comercializa en el exterior. La mediana minería desarrolla operaciones más complejas y de mayor tamaño comparado con la pequeña minería y sólo una parte de los productos explotados se comercializan a través de la Empresa Nacional de Minería (ENAMI), y el resto se comercializan directamente en el exterior. Y por último, la pequeña minería se caracteriza por realizarse mediante yacimientos pequeños con operaciones más sencillas de extracción, requieren una menor infraestructura y no poseen gran tecnología además su producción se comercializa en su mayoría a través de la ENAMI. (Uriarte, J.M.,2020).

### TONELADAS MÉTRICAS EXPLOTADAS

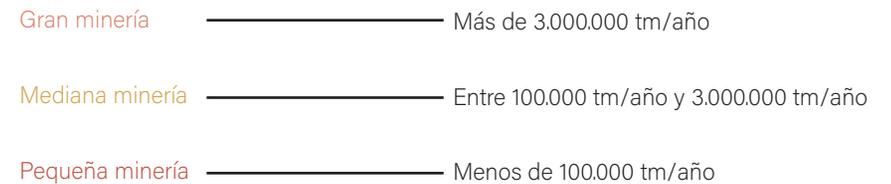


Figura 4: Elaboración propia / Toneladas métricas explotadas según escala de producción minera  
Fuente: En base a Rivera y Aroca 2013

Además se pueden diferenciar según las tecnologías e infraestructuras que poseen, ya que la gran minería cuenta con grandes compañías mineras, con enorme capital extranjero invertido, grandes infraestructuras, tecnología y su producción de metales se comercializa en el exterior. La mediana minería desarrolla operaciones más complejas y de mayor tamaño comparado con la pequeña minería y sólo una parte de los productos explotados se comercializan a través de la Empresa Nacional de Minería (ENAMI), y el resto se comercializan directamente en el exterior. Y por último, la pequeña minería se caracteriza por realizarse mediante yacimientos pequeños con operaciones más sencillas de extracción, requieren una menor infraestructura y no poseen gran tecnología además su producción se comercializa en su mayoría a través de la ENAMI. (Uriarte, J.M.,2020).

Según Juanita Galaz, en la política nacional minera del ministerio de minería, plantea que hoy en día la pequeña y mediana minería son una oportunidad ya que el descubrimiento de grandes yacimientos es cada vez más improbable por lo que se prevé que en el futuro la producción minera de pequeña y mediana escala tendrán mayor participación. (Galaz,J. 2020 mayo).

## PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN NACIONAL

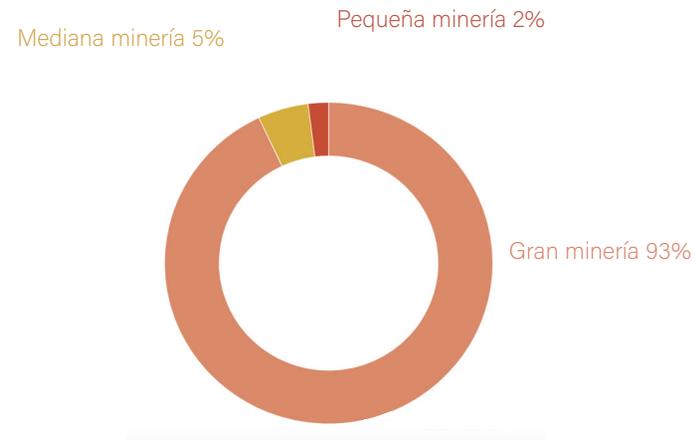


Figura 5: Elaboración propia / Participación en la producción nacional  
Fuente: En base aRivera y Aroca 2013

## 2.4 Seguridad minera

El proceso de explotación minera es un trabajo en el cual hay muchos peligros que pueden terminar en accidentes que incapaciten al minero como también en accidentes fatales, sobre todo en la minería subterránea, ya que según Sernageomin mediante su estadística de accidentabilidad industria extractiva minera año 2020, esta obtiene los índices de mayor accidentabilidad superando al método de explotación a tajo abierto.

Personas fallecidas según tipo de instalación

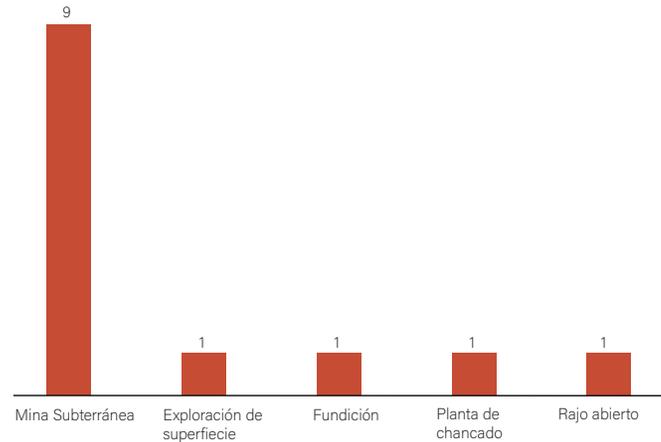


Figura 6: Elaboración propia /Personas fallecidas según tipo de instalación  
Fuente: Sernageomin 2020

Chile en la última década ha reducido de manera significativa la tasa de fatalidad. Esta disminuyó un 75%, mientras que la tasa de accidentabilidad, disminuyó un 60%. (Minería Chilena, 2022). Esto permitió a Chile posicionarse como uno de los países mineros con los índices de fatalidad más bajos del mundo, siendo superado sólo por Australia, y con mejor seguridad que Canadá, Perú, entre otros (Reporte minero, 2020).

### LÍDERES EN SEGURIDAD MINERA

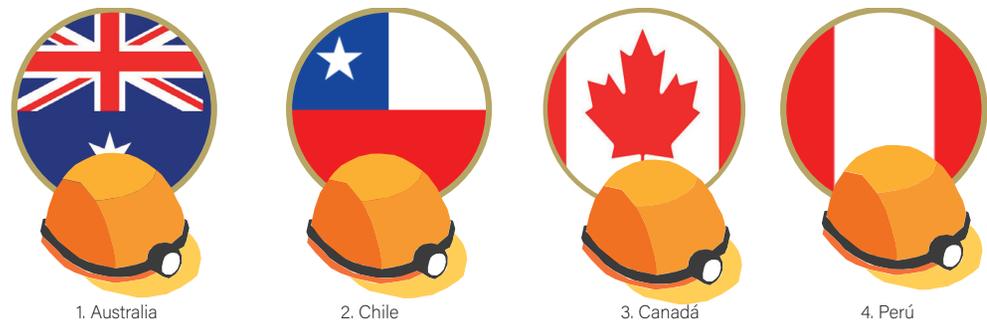


Figura 7: Elaboración propia / Seguridad minera  
Fuente: En base a información de Reporte minero 2020.

## 2.5 Riesgos en la pequeña minería

Chile, a pesar de ser uno de los países mineros más seguros, siguen surgiendo accidentes de proceso que muchas veces tienen que ver con el factor humano.

Según Sernageomín en su informe de estadística de accidentabilidad industria extractiva minera del año 2020, donde más hubo accidentes fue en la pequeña minería, y organizando los accidentes de mayor a menor frecuencia fueron: golpeado por rocas, caída de distinto nivel, golpeado por, alcanzado por tronadura, atrapado por, y accidentes ocasionados por vehículos motorizados. Juntos representan el 91% de la fatalidad minera de la pequeña minería. (Sernageomin, 2021)

### ACCIDENTABILIDAD SEGÚN ESCALA DE PRODUCCIÓN

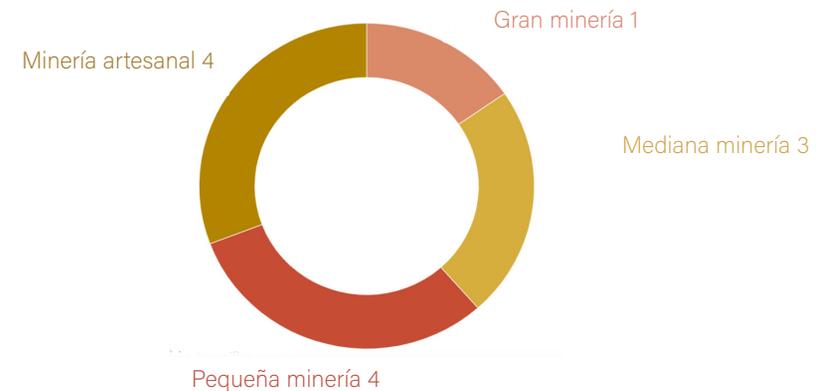


Figura 9: Elaboración propia / Accidentabilidad según escala de producción minera  
Fuente: En base a información de Sernageomin 2020

### ACCIDENTES POR TIPOLOGÍA

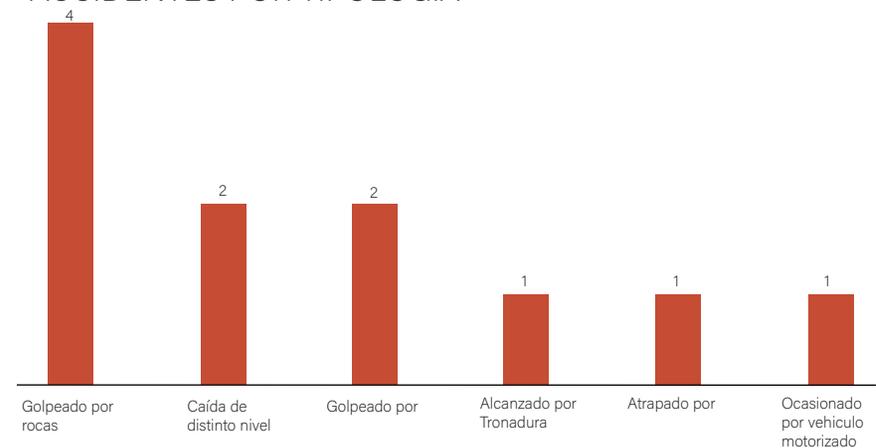


Figura 8: Elaboración propia / Accidentes por tipología  
Fuente: Sernageomin 2020

## 2.6 Clasificación de accidentes

En minería, los accidentes se clasifican como graves o fatales. Un accidente grave es aquel que genera una lesión a causa del trabajo. Es grave aquel accidente que: provoca la pérdida de cualquier parte del cuerpo obliga a realizar maniobras de reanimación obliga a realizar maniobras de rescate incapacite al trabajador involucra a un número de trabajadores que afecte al desarrollo normal de la faena.

Mientras que un accidente fatal es un suceso producto del cual fallece uno o más trabajadores(as). Este evento puede ser individual o colectivo, según el número de trabajadores(as) fallecidos(as) en el suceso (Sernageomin, 2018)



Imagen 4



# 03

## Pequeña minería subterránea



## 3.1 Partes de una galería minera

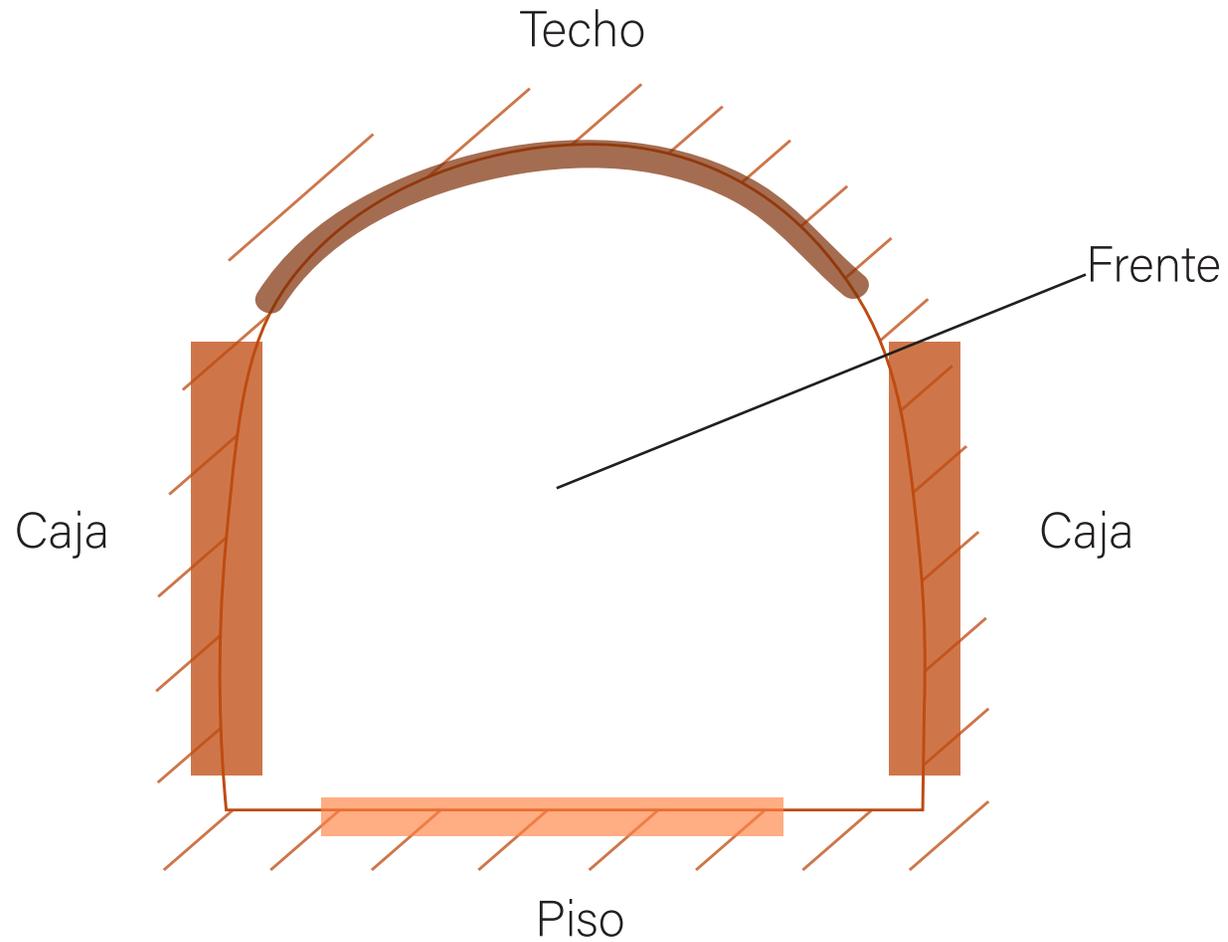
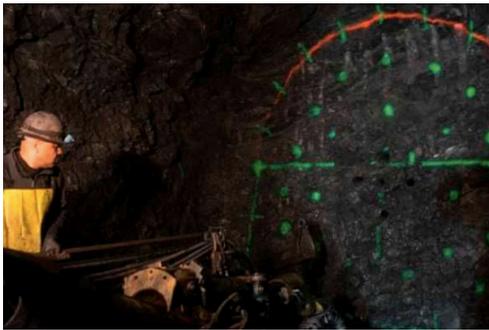


Figura 10: Elaboración propia / Partes de una galería minera.  
Fuente: En base a información de Sonami, Sernageomin, Ministerio de minería y Enami.

## 3.2 Procesos productivos

El trabajo en minería para extraer el material rocoso útil, para el tránsito de mineros, para transportar el material, entre otros, se hace mediante la construcción de galerías o labores subterráneas. Estas galerías son excavaciones tanto verticales como horizontales que se explotan constantemente mediante procesos. Estos procesos son la Perforación y la Tronadura/ Voladura/ Explotación (Grupo Antofagasta Minerals, 2016). El proceso de perforación consiste en, tal como dice su nombre, perforar la frente con una longitud y grosor determinado para colocar los explosivos. Luego de colocarlos con un sistema y estudio determinado, se procede a la etapa de tronadura/ Voladura/ explotación, en donde los explosivos empiezan a explotar, removiendo gran parte de la frente y gran cantidad de macizo rocoso con el fin de ir alargando constantemente la galería. Como último paso, se transporta el material explotado y útil hacia la superficie. (Panorama Minero,2021)



Perforación



Voladura

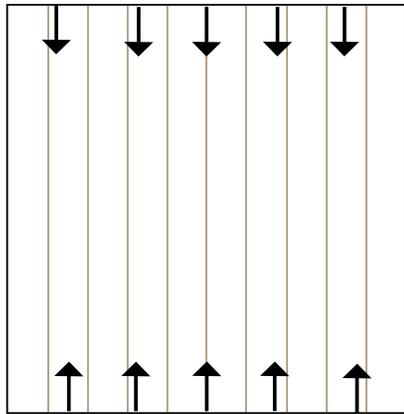


Transporte de material

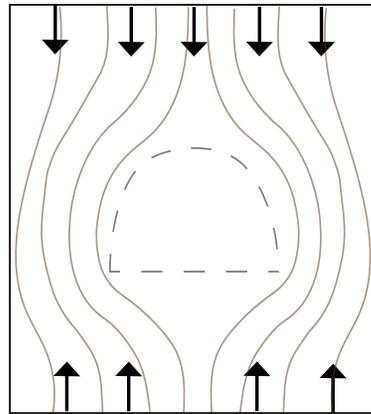
Imágenes 6, 7, 8

### 3.3 Cambios en el comportamiento del macizo rocoso

Según Sonami, Ministerio de minería, Sernageomin y Enami, en la guía de operación de la pequeña minería, fortificación y acuñadura (2014), el realizar labores o galerías subterráneas mediante el proceso de tronadura, significa retirar un gran volumen de masa rocosa que provoca cambios en las condiciones naturales de equilibrio. En consecuencia, se forman espacios donde las caras libres quedan sometidas a fuerzas que no tienen oposición, de esta forma se generan grietas y presiones, principalmente en el techo y en las cajas de la galería, provocando en un futuro la potencial caída de rocas y planchones.



Macizo rocoso no alterado y en equilibrio



Macizo rocoso alterado con actividad minera

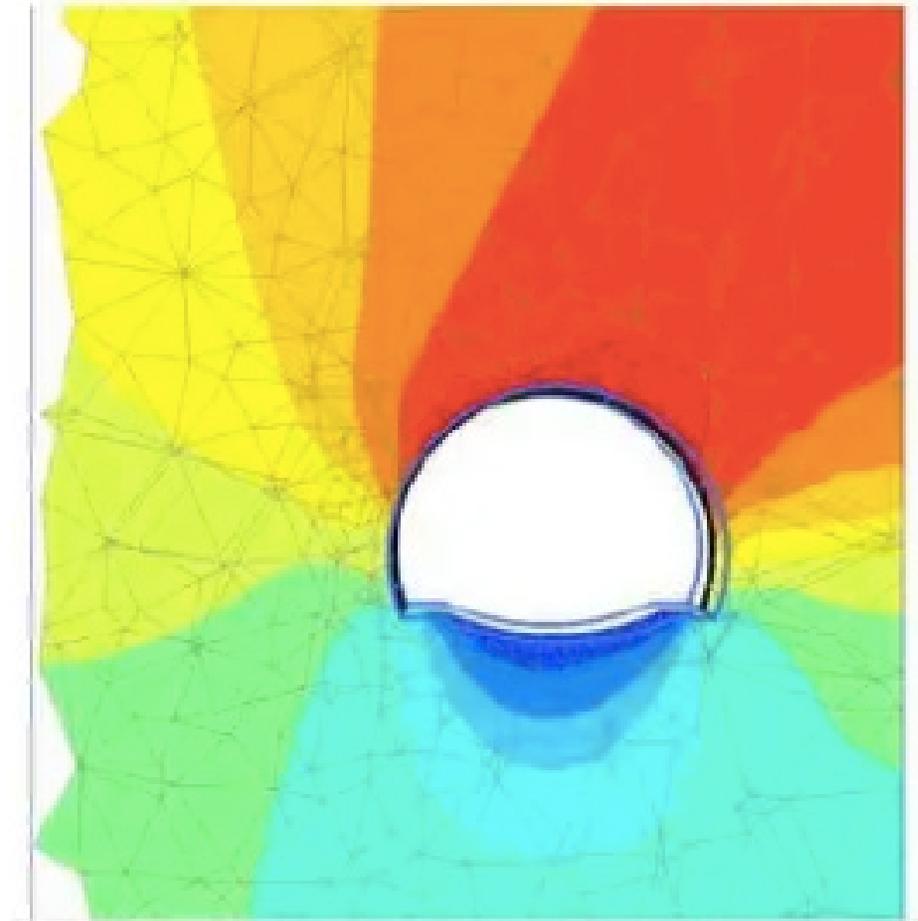


Imagen 9

Figura 11 : Elaboración propia / Cambio del equilibrio del macizo rocoso  
Fuente: En base a información de Sonami, Sernageomin, Ministerio de minería y Enami.

## 3.4 Caída de rocas

La caída de rocas y planchones, es la principal causa de accidentabilidad y fatalidad en una mina subterránea en donde el minero se encuentra expuesto a este riesgo desde que entra a la mina hasta que sale de esta .(Sernageomin, 2021) Muchas veces las galerías, según estudios geomecánicos, se fortifican con mallas de acero, pernos de anclaje o hasta shotcrete debido a la poca estabilidad que tiene el macizo rocoso, mientras que hay zonas donde no se fortifica debido a una buena calidad de roca y por su condición autosoportante. Pero en estos lugares debe existir una constante revisión debido a que una roca puede debilitarse en cualquier momento para quedar a punto de caer (Sonami, Ministerio de minería, Sernageomin, Enami, 2014)

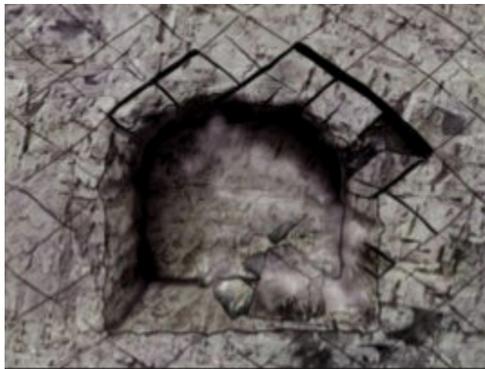


Imagen 10

## 3.4.1 Factores que generan caída de rocas

### Factores geológicos:

Tiene que ver con las características del macizo rocoso como el tipo de roca y las discontinuidades. Las discontinuidades es toda grieta, o quiebre de la roca. En zonas donde existan estas discontinuidades, existe mayor potencial y probabilidad de caída o desplome.



### Proceso de tronadura:

El tronar o explotar la roca o frente para sacar material útil, genera constantes golpes en el macizo rocoso lo que provoca con el tiempo, cambios dinámicos y la formación de discontinuidades en forma de grietas.



### Campo de esfuerzo:

Cuando las excavaciones son muy profundas, se generan más presiones y esfuerzos en los techos y cajas de las galerías por lo que se originan más fracturas o discontinuidades en la roca.



### Factores ambientales:

El debilitamiento de la roca también puede generarse por cambios bruscos de temperatura como también por presencia de agua subterránea.

# ROCA VIVA

Según Marcelo Rojas, profesor de la carrera Técnico Universitario en minería y Metalurgia de la sede Viña del Mar de la Universidad Santa María plantea que " Los deslizamientos son propios de la búsqueda del macizo rocoso del equilibrio que tenía antes, y por esta razón se generan los movimientos ".



# 04

## Acuñadura





## 4.1 Qué es acuñadura...

La acuñadura es la operación que se ejecuta para hacer caer de manera controlada las rocas y planchones sueltos provenientes del techo y cajas de la galería, con el fin de reducir la caída imprevista evitando accidentes y así generar un ambiente de trabajo seguro para todos los mineros (Sernageomin, 2018). Cabe destacar que este proceso implica el mayor riesgo de daños a los trabajadores de las minas subterráneas. Esta actividad se desarrolla en todas las minas: cobre, plata, oro, molibdeno, carbón, entre otras. (Sernageomin, 2018).



## 4.2 Importancia de la Acuñadura

La acuñadura es un proceso importante en el ámbito de la seguridad laboral debido a que como se mencionó anteriormente, esta actividad consta en botar de manera controlada todas las rocas sueltas que quedaron luego de la tronadura o por el debilitamiento del macizo rocoso. Es por eso que se debe hacer una acuñadura limpia, eficaz y controlada para lograr la limpieza completa de la labor y así también lograr un entorno seguro de trabajo.

Según Rodrigo A. Valencia, minero de las divisiones de Codelco, de la acuñadura parte el buen sostenimiento de la mina ya que al sacar todas las rocas sueltas provenientes del techo y las cajas de la galería, se puede realizar una eficiente fortificación de la labor con pernos de anclaje, mallas y shotcrete (sistema de hormigón proyectado al perno y malla). Si no existe una buena acuñadura, el sistema de fortificación en galerías que necesitan sostenimiento, va a ser deficiente ya que el perno de anclaje podrá caerse con la roca suelta, la malla no afirmará eficazmente y el shotcrete se caerá ya que queda "bombeado" o "soplado", no cumpliendo con la función.

## 4.3 Cuándo se debe acuatadur

La operación de acuatadura se debe realizar en todo momento, ya que como se mencionó anteriormente, la roca se puede inestabilizar y deteriorar en cualquier momento. Además hay que considerar que siempre hay riesgo de la caída de rocas y planchones. Según Carlos Mella Banda, ingeniero en minas y jefe de programa FNDR de la región del Libertador Bernardo OHiggins, la acuatadura es obligatoria y debe estar presente de forma permanente en todo momento, al ingresar a una labor nueva, al iniciar un turno, al realizar tronaduras o trabajos en puntos específicos. Además es obligación que todos los mineros estén constantemente observando las condiciones de su entorno, al tránsito de personas, a los ruidos mientras se acuatña, a la caída de rocas, hasta el desprendimiento de posibles rocas de mayor tamaño o planchones.



## 4.4 Duración del proceso

Según Carlos Mella Banda, ingeniero en minas y jefe de programa FNDR de la región del Libertador Bernardo O'Higgins, se puede destinar un tiempo determinado para ejecutar esta actividad tan importante, ya sea desde 1 hora o más, de esta forma el tiempo puede determinarse por las distancias de la labor a acunar y condiciones del sector. Pero debe hacerse constantemente o cada vez que se ingresa a una labor determinada para trabajar, esto dependerá de la calidad de la roca y se termina una vez que se hayan botado todas las rocas sueltas.

Esta actividad, según Carlos Mella Banda, se debe realizar de forma eficiente para así poder avanzar en el ciclo del proceso de explotación, pero también de forma rigurosa ya que no debe quedar rocas sueltas en los techos o cajas del túnel, por lo que es una actividad agotadora.

## 4.5 Capacitación de un minero acuñador

Según Carlos Mella Banda, se debe preparar al minero dando a conocer todos los riesgos asociados a los que pueden estar expuestos al momento de llevar a cabo la actividad. Informando sobre las herramientas que se utilizan, sus características, los elementos de protección personal que debe utilizar. Orientarlo a saber cuándo se debe acuñar, la técnica de golpe y sonidos a los que debe estar atento. Postura, forma y metodología que debe emplear para esta acción. Llevarlo a una zona de trabajo y acompañarlo para aclarar todas sus dudas e inquietudes ya que este trabajo de acuñadura es muy importante de realizar de forma correcta.

"Esta actividad que se ve simple puede salvar muchas vidas."



Imagen 17

## 4.6 Causas específicas de los accidentes

Como se mencionó anteriormente, la acuñadura es un proceso de alto riesgo, ya que el minero tiene contacto con la roca y debe realizar un buen trabajo para hacerla caer de una manera controlada resguardando su seguridad. Esta actividad, causa entre el 30 y el 40% de los accidentes de trabajo (Clunes, J. 2006). Según Sonami, Ministerio de minería, Sernageomin, Enami, en el manual de la pequeña minería Fortificación y Acuñadura (2014), principalmente los accidentes por caída de rocas se debe a las siguientes causas:

### **Falta de acuñadura:**

Los mineros al revisar los espacios de trabajo solo lo hacen de manera visual. Y consideran esta actividad como una pérdida de tiempo.

### **Acuñadura en forma deficiente:**

Cuando el minero acuñador solamente hizo caer las rocas que se veían evidentemente sueltas, olvidando que hay rocas sueltas que no se ven a simple vista.

### **Acciones inseguras de acuñar :**

Los accidentes también ocurren cuando los mineros adoptan una mala postura y posición al acuñar ya que lo hacen sobre suelo inseguro, parandose sobre rocas acumuladas en el suelo como también cuando se colocan muy cerca al lugar de caída de las rocas y/o planchón. Así mismo, los accidentes se generan por ocupar las herramientas para acuñar (barretillas) incorrectas ya sea por que son muy pequeñas con relación a la altura de la galería o por estar en mal estado.

## 4.7 Mineros acuñadores

Los mineros acuñadores deben ser responsables, y con una gran experiencia minera. Deben tener claro todos los riesgos que se pueden presentar en el proceso y las medidas de control. También deben saber los procedimientos para llevar a cabo una acuñadura eficiente y segura, siendo capacitados constantemente para saber las técnicas de esta operación como el saber cómo ubicarse, cómo pegarle a la roca, cómo desprenderla, cómo escuchar la roca, entre otros.

Según Carlos Mella Barra, no siempre los mineros acuñadores son los mismos y eso dependerá según la cantidad de trabajadores en la faena minera, pero sí todos los integrantes del turno deben saber realizar esta tarea. También si existe una buena organización y coordinación este trabajo se puede distribuir y asignar a todos.



# 4.8 EPP Minero

En minería subterránea se exigen 8 elementos de protección personal:



Casco



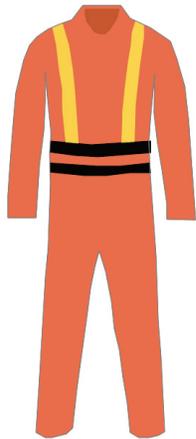
Protección auditiva



Protección visual



Protección respiratoria



Overol de protección



Guantes de seguridad



Autorrescatador



Zapatos de seguridad

Figura 12 : Elaboración propia / EPP minero  
Fuente: En base a información de Consejo Minero 2021

## 4.9 Tipo de acuñadura

Existen dos tipos de acuñadura, estas son la acuñadura manual y mecanizada. Según Carlos Mella Barra, ingeniero en minas y jefe de programa FNDR de la región del Libertador Bernardo O'Higgins, en la pequeña minería es más frecuente acuñar de forma manual, ya que las labores son más pequeñas y los costos son reducidos a invertir en equipos mecanizados. Por otra parte el sistema mecanizado es utilizado en la gran minería ya que, las secciones son más grandes y para una persona se torna más difícil alcanzar los techos para realizar una acuñadura segura y correcta.

### 4.9.1 Acuñadura mecanizada

Los equipos desatadores de rocas cuentan con un martillo hidráulico montado sobre un brazo telescópico que se encarga de liberar las rocas que se han quedado desestabilizadas luego de la voladura.

Características técnicas:

Estos equipos cuentan con un brazo telescópico con alcance máximo de 7,7 metros, que tiene un martillo hidráulico en el extremo; este brazo está montado en una tornamesa que permite un giro de 90 grados a cada lado para maximizar la cobertura.

Algunas características:

- Todas las operaciones son controladas desde la cabina del equipo
- Cuenta con cabina reforzada y techo de protección
- Cuenta con un hoja topadora para empujar las piedras que el equipo encuentra a su paso



Imagen 19 y 20

## 4.9.2 Acuñadura manual

La barretilla es la herramienta que ocupan los mineros acuñadores para hacer su trabajo de manera manual, es el canal por el cual el minero tiene contacto con la roca que desea hacer caer.

Características de las barretillas

Cuerpo de la barretillas: aluminio estructural

Las puntas son de acero - alta resistencia -

Diámetro puntas de acero: 25 mm

longitud puntas de acero: 150 mm

Forma puntas de acero: Hexagonal y octogonal.

Diámetro de aluminio: 33 mm

Además estas barretillas son diferentes en sus extremos ya que por un lado terminan en punta y por el otro lado, termina en punta aplastada con una desviación de 45 grados (Floraquita, A., 2014).

Las medidas de las barretillas pueden ser:

4 pies = 1.20 mts = 2.35 kg

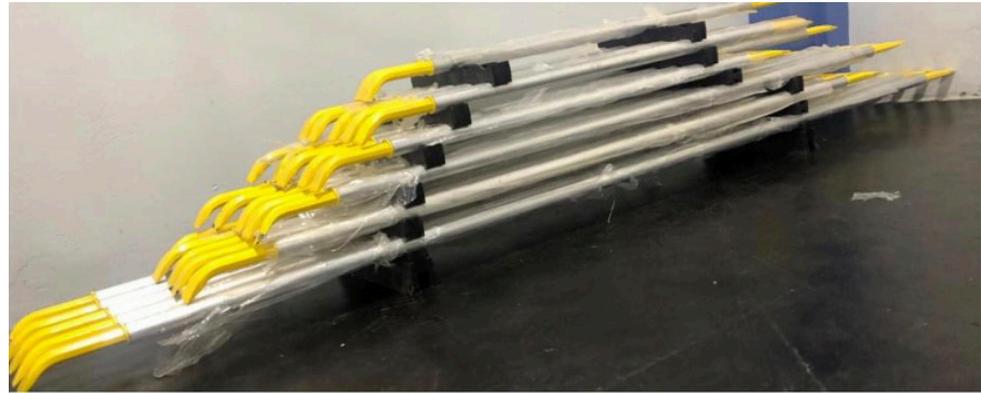
6 pies = 1.80 mts = 3.05 kg

8 pies = 2.10 mts = 3.80 kg

10 pies = 3.00 mts = 4.25 kg

12 pies = 3.60 mts = 4.85 kg

14 pies = 4.20 mts = 5.50 kg



## 4.9.3 Etapas de la acuñadura manual

El procedimiento de acuñadura contempla las siguientes etapas:

1. Tronadura
2. Verificación de los EPP - Instrucción del supervisor
3. Verificar las condiciones generales de seguridad (lugar)
4. Dirección de avance al acuñar
5. Posición segura al acuñar - operación de acuñar
6. Detección de la roca y planchones

### 1 Tronadura:

Como se mencionó anteriormente, la tronadura es el proceso donde se hace tronar o explotar el macizo rocoso con el fin de retirar el material útil. Pero luego de la tronadura, empieza todo el proceso de acuñadura (Panorama Minero, 2021).



### 2 Verificación de los EPP:

Una vez tronada la frente, los mineros acuñadores deben ingresar a la zona explotada. Al llegar, deben cercar el lugar para prohibir el paso de otros mineros además es importante que revicen el estado de sus EPP. También deben escuchar las órdenes del supervisor y repasar las medidas preventivas.



### 3 Verificación de la zona a acuñar:

Una vez recibida las órdenes del supervisor, los mineros acuñadores deben revisar el área a trabajar e identificar los posibles riesgos relacionados a la roca suelta. Deben observar cualquier signo de cambio de la roca, como: si hay presencia de grietas en crecimiento, si hubo movimiento de rocas, si hay graneos en el piso (rocas acumuladas en el piso), y si hay presencia de agua que caiga por la galería. También deben revisar las condiciones de visibilidad y ventilación, por si hay presencia de gases tóxicos (Floraquita, A., 2014).

# 4

## Posición segura al acuñar :

Una vez revisado todo, el acuñador debe elegir la barretilla que debe usar según la altura de la galería y proceder a acuñar.

Acuñar es una técnica donde se debe considerar varios aspectos. Primero, se debe colocar siempre la barretilla a un costado del cuerpo, con un pie delante de otro con las piernas flectadas (Mutual de seguridad, s.f).

Esta posición es conocida como posición de defensa ya que al flectar las piernas y poner un pie delante de otro, se genera mayor fuerza en el torso y en las piernas ya que baja el centro de gravedad, permitiendo la movilidad inmediata por si el minero se encuentra en una situación de riesgo.



Figura 13: Elaboración propia / Posición correcta para acuñar  
Fuente: En base a información de Mutual de seguridad, s.f

El acuñar significa tener contacto con la roca por lo que es ideal que el minero esté lo más alejado de la zona donde se ubica la roca y donde caerá, pero muchos mineros se arriesgan acercándose a la roca. Por eso, es recomendable que al usar la barretilla, ésta sea lo más larga posible y con un ángulo que no supere los 45 grados con respecto al suelo (Mutual de seguridad, s.f).

Mientras el ángulo sea mayor a 45 grados, el minero estará más cerca de la roca y del lugar de caída por lo que existirá más riesgo de sufrir un accidente. Mientras que si la barretilla está a 45 grados o un ángulo menor, habrá más distancia con la roca considerándolo más seguro.

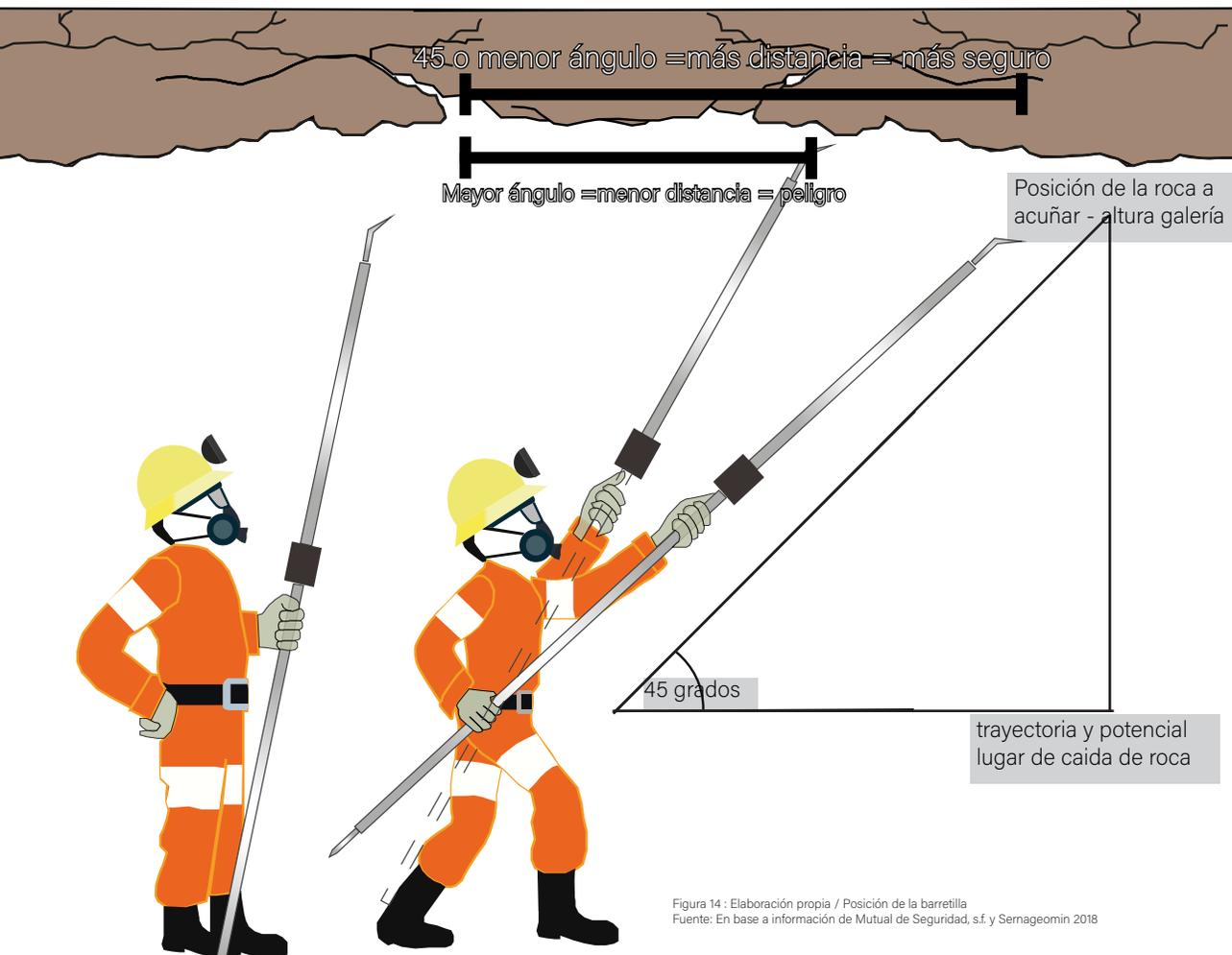


Figura 14 : Elaboración propia / Posición de la barretilla  
Fuente: En base a información de Mutual de Seguridad, s.f. y Sernageomin 2018

Además, existe una relación de triángulo con lo que respecta a la seguridad del minero ya que hay tres factores importantes en la posición al acuñar la cual parte primero del uso de la barretilla en 45 grados con respecto al piso y usada a un costado del cuerpo, teniendo relación con la ubicación de la roca o la altura de la galería y por último, con el potencial lugar de caída de la roca acuñada.

Cabe mencionar que este proceso nunca debe realizarse solo por lo que deben ser dos mineros acuñadores los que realicen la operación. Un minero es el que ocupa la barretilla para botar la roca y el otro minero se posiciona por detrás de él para vigilar el terreno y estar atento de cualquier anomalía o peligro que se presente (Sernageomin, 2018).

# 5 Dirección de avance:

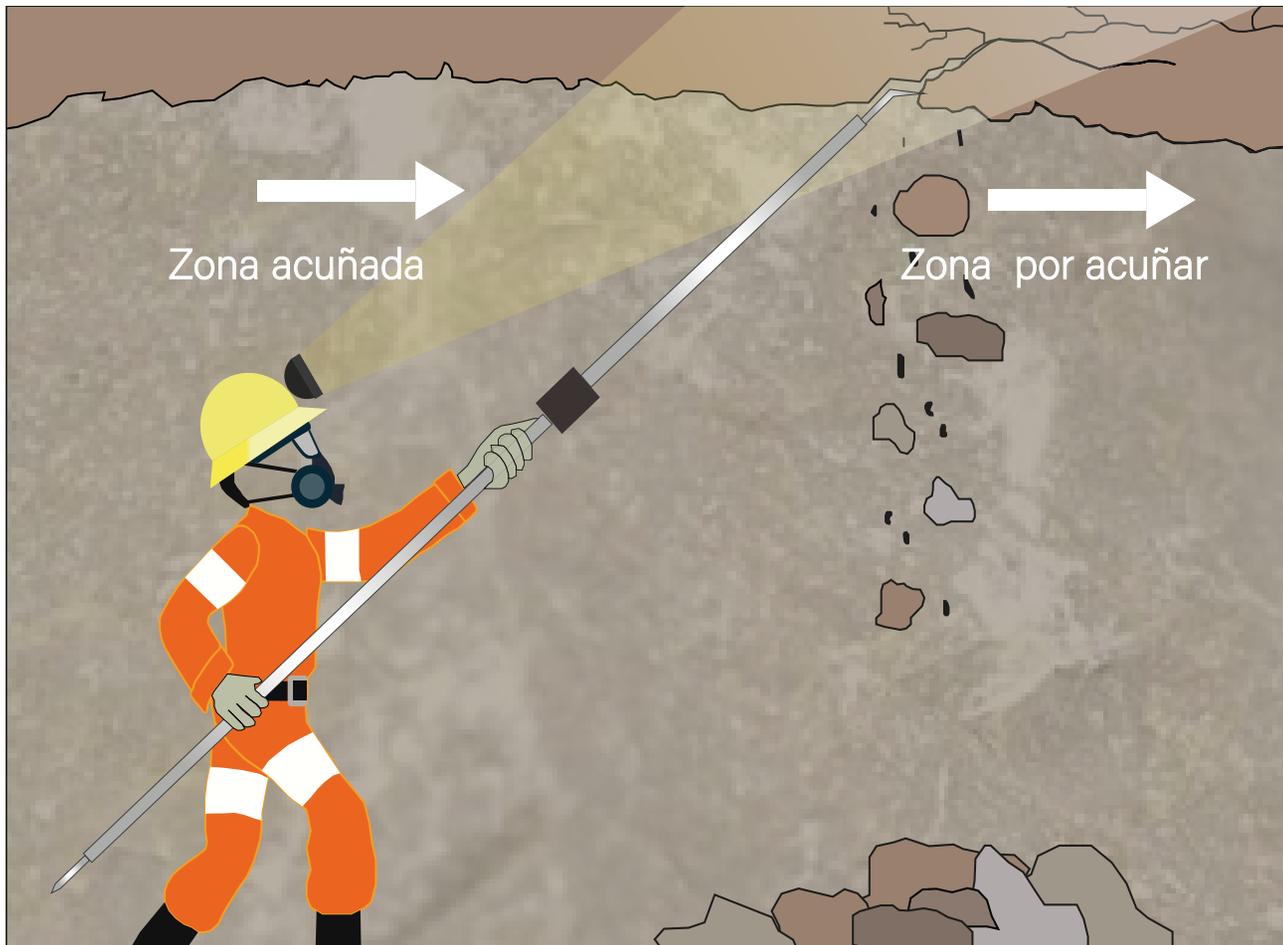


Figura 15 : Elaboración propia / Dirección de avance al acuñar  
Fuente: En base a información de Mutua de Seguridad, s.f.

La dirección de avance del minero acuñador es muy importante ya que para su seguridad ellos deben partir acuñando desde una zona segura, lo que significa que, deben ubicarse bajo una zona ya acuñada, y así acuñar en forma de avance hacia la frente de la galería quedando siempre en una zona potencialmente segura.

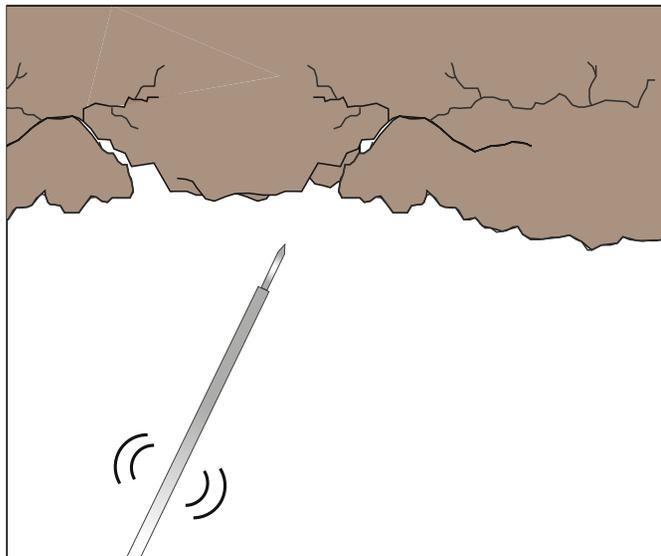
Hay veces que los mineros no consideran la zona segura o no se posicionan bajo una zona ya acuñada por lo que se descuidan viéndose más propensos a sufrir un accidente por caída de roca (Mutual de seguridad, s.f ).

# 6

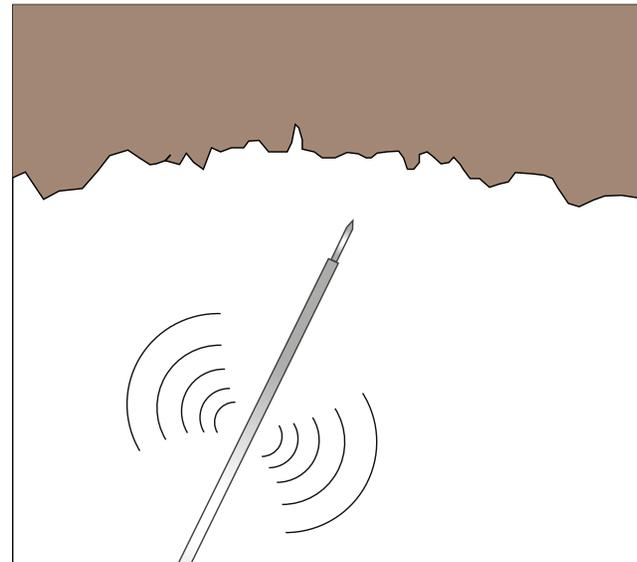
## Detección de la roca y planchones:

Para hacer caer la roca con la barretilla, como primer paso se debe identificar la roca suelta. Esto involucra un proceso sensorial en donde el minero acuñador debe percibir las vibraciones y el sonido que se emita al golpear la roca con la barretilla, identificando así el estado de adhesión de esta y su condición de auto consistencia. Esto se deja a criterio del minero o criterio humano por su capacidad auditiva, estando muy de la mano con la posibilidad de que se produzca un error y un accidente.

Si al pegarle a la roca se genera un sonido metálico y genera vibración en la barretilla, significa que la roca está firme y adherida. Mientras que si al pegarle se genera un sonido hueco, apagado como un bombo, y no se generan vibraciones en la barretilla, significa que la roca está suelta (Sonami, Ministerio de minería, Sernageomin, Enami. 2014, pág 20).



Vibración y sonido con roca suelta



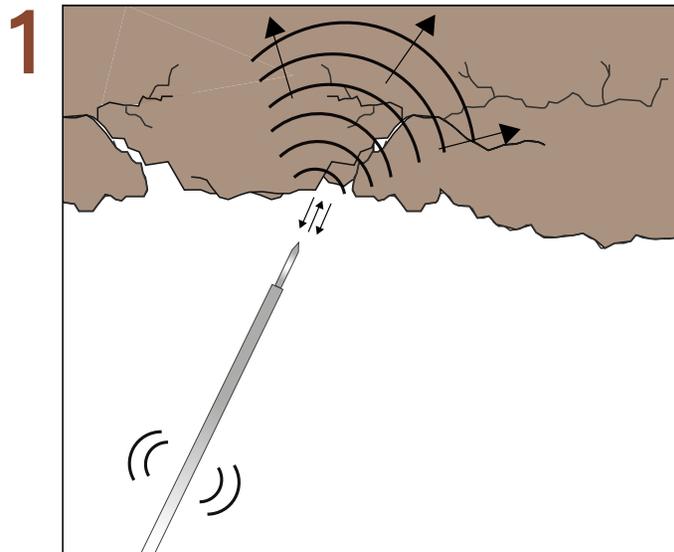
Vibración y sonido con roca firme

Figura 16: Elaboración propia / Vibración y sonido según adherencia de la roca  
Fuente: En base a información de Sonami, Ministerio de minería, Sernageomin, Enami, 2014

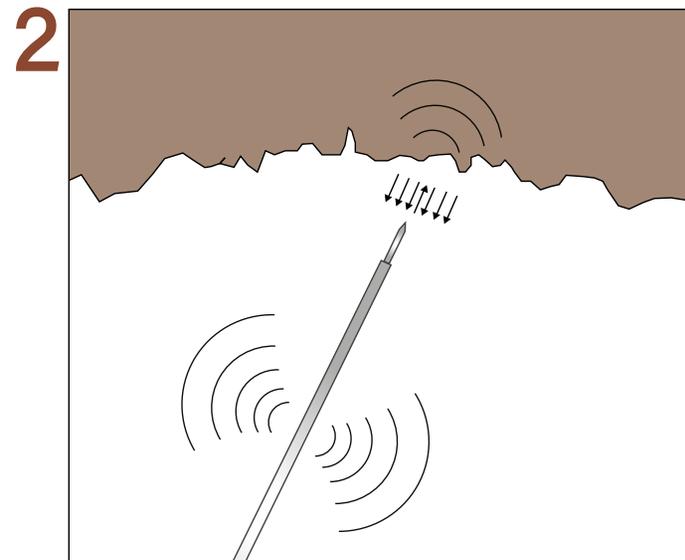
Esto ocurre debido a la capacidad de absorción y densidad de la roca. Se puede asociar la roca suelta como algo poroso, con espacios de aire por las grietas y como consecuencia, con gran capacidad de absorción. Al pegarle a la roca, ésta absorbe y disipa hacia adentro las vibraciones y el sonido provocado por el golpe, debido a los espacios de aire. Por lo que en respuesta, no vibra la barretilla y así mismo se genera un sonido apagado y hueco.

Mientras que al hablar de una roca firme, se le puede asociar con algo compacto y denso, por lo esta absorbe menos las vibraciones y el sonido generado por el golpe. En respuesta, esta emite vibraciones que afecta a la barretilla por la poca capacidad de absorción de la roca y así mismo, la emisión de un sonido metálico.

El sonido está relacionado con las vibraciones. Siempre que escuchamos un sonido, hay un cuerpo material que vibra y produce ondas que llegan hasta nuestros oídos. Las ondas sonoras se pueden medir según su frecuencia, su amplitud y longitud de onda. La frecuencia es la cantidad de ciclos que se completan en un tiempo determinado, esto tiene relación con el sonido metálico y hueco que se emite al pegarle a las rocas ya que se puede asociar un sonido metálico como agudo mientras que un sonido hueco como grave. El que sea un sonido agudo significa que tiene mayor frecuencia y el sonido grave, su frecuencia será mucho menor.



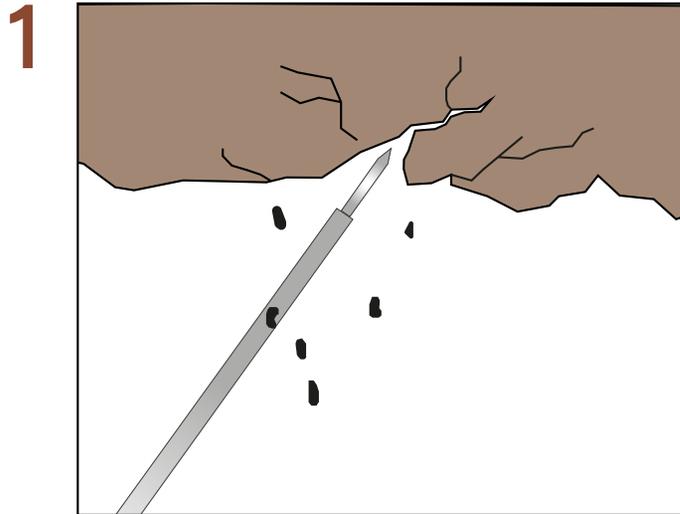
roca suelta = medio absorbente / poroso /espacios con grietas = mayor absorción de las vibraciones y sonido= En respuesta, menos sonido y casi nula vibración de barretilla



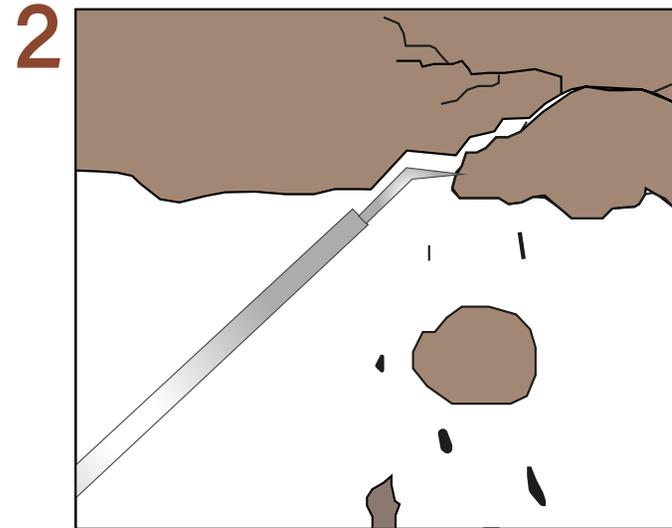
roca firme = medio compacto/ firme = menor absorción de las vibraciones y sonido = En respuesta, mayor sonido y vibración de barretilla.

Figura 17: Elaboración propia / Explicación del sonido y vibración de la roca  
Fuente: En base a entrevista a Esteban Duran

Una vez identificada la roca suelta, se debe hacer lo siguiente :



La primera es pegarle a la grieta de la roca con el extremo que termina en punta de la barretilla con el fin de agrandarla.



Luego con el otro extremo en forma de punta aplastada y con desviación de 45 grados, se ingresa a la grieta y se le hace palanca a la roca para así lograr desprenderla (Mutual de seguridad, s.f).



# 05

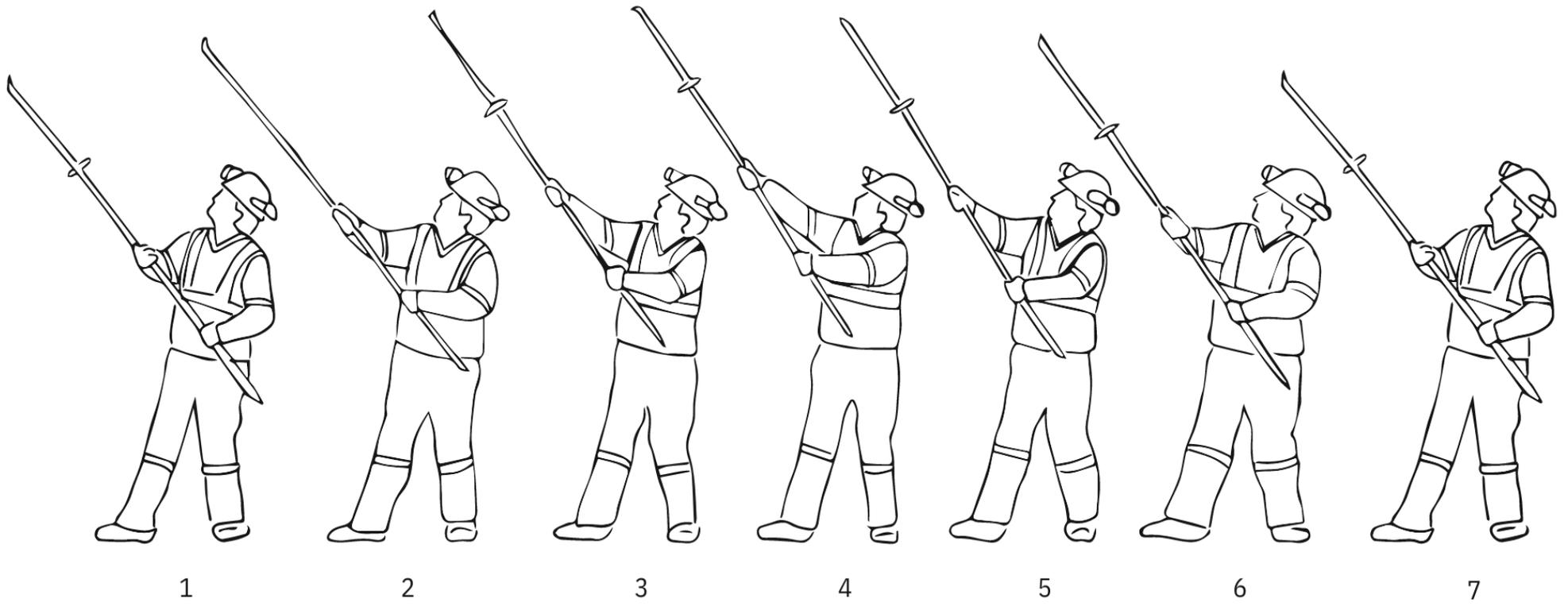
## Riesgos de la acuñadura manual



## 5.1 Riesgo ergonómico

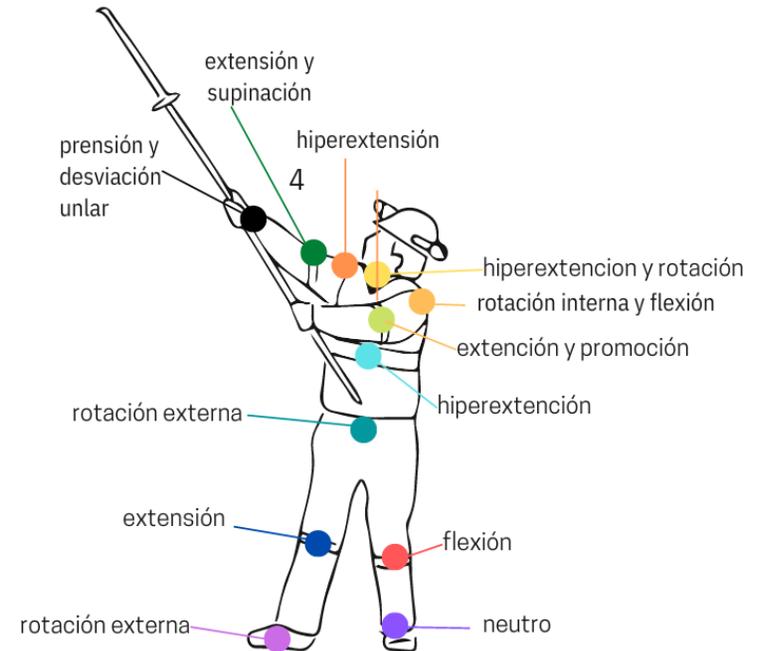
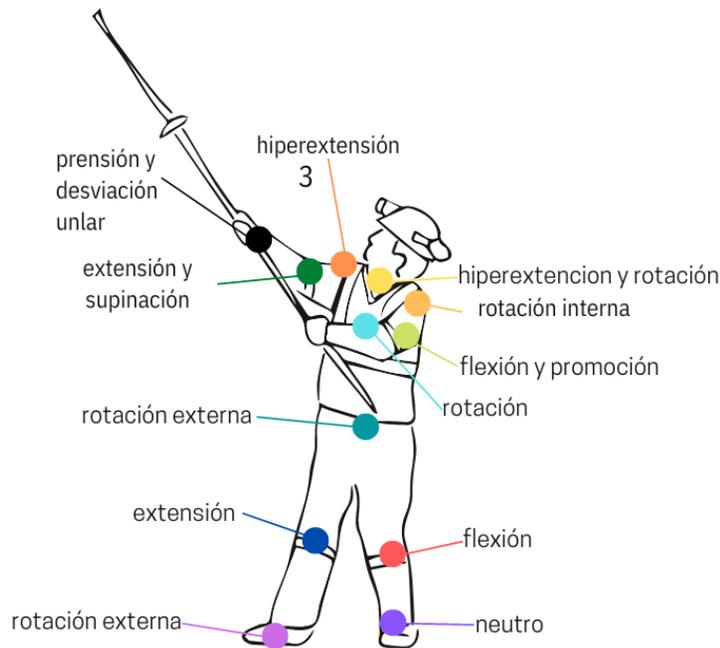
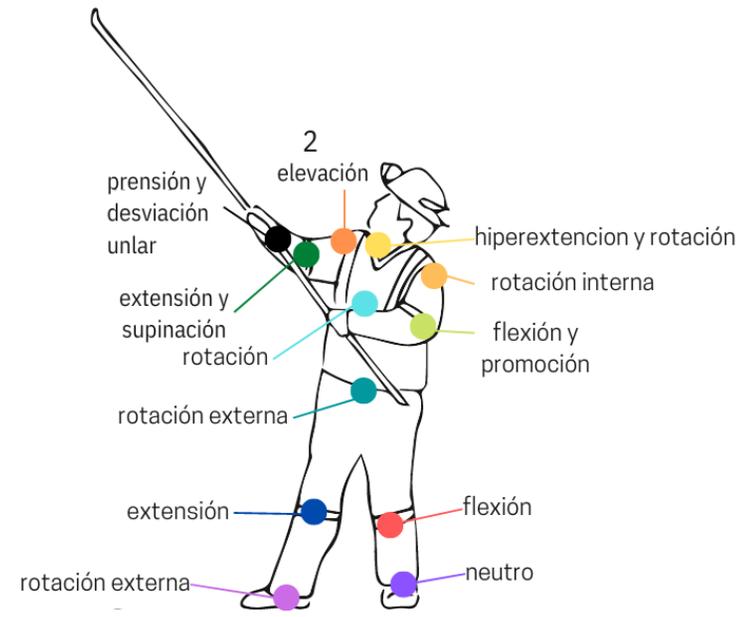
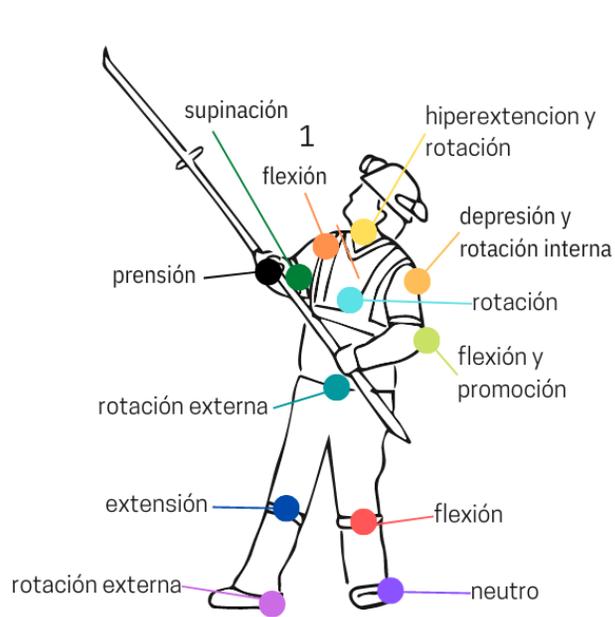
Según Carlos Mella Barra, la acuñadura es una actividad pesada y cansadora en la que existen factores de riesgo ergonómico. Al realizar esta actividad, es muy frecuente y común que se generen dolores en las principales articulaciones que se mueven para este trabajo como codos, muñecas, hombros, entre otras ya que es un trabajo donde hay movimiento o acción repetitiva, mantenida y forzada durante un periodo largo de tiempo, provocando dolor producto de los golpes repetitivos y directos al cerro. Además se mantiene una postura donde el ángulo articular del codo está por encima del hombro por lo que puede causar problemas lumbares y cervicales.

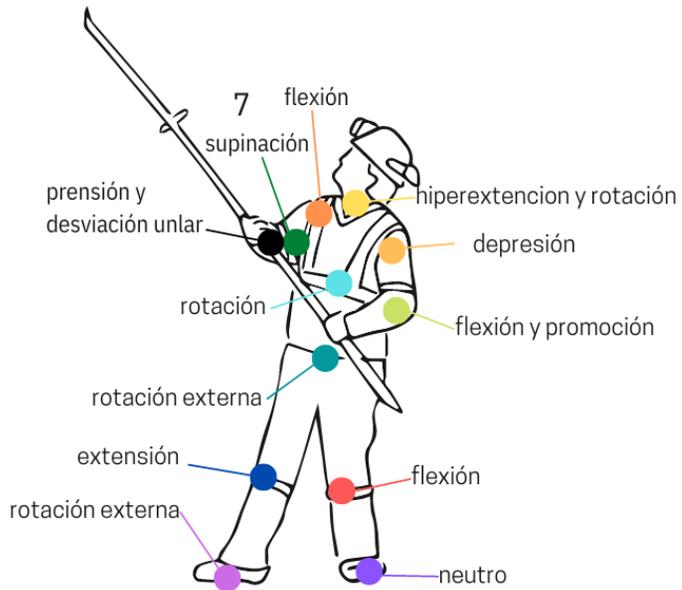
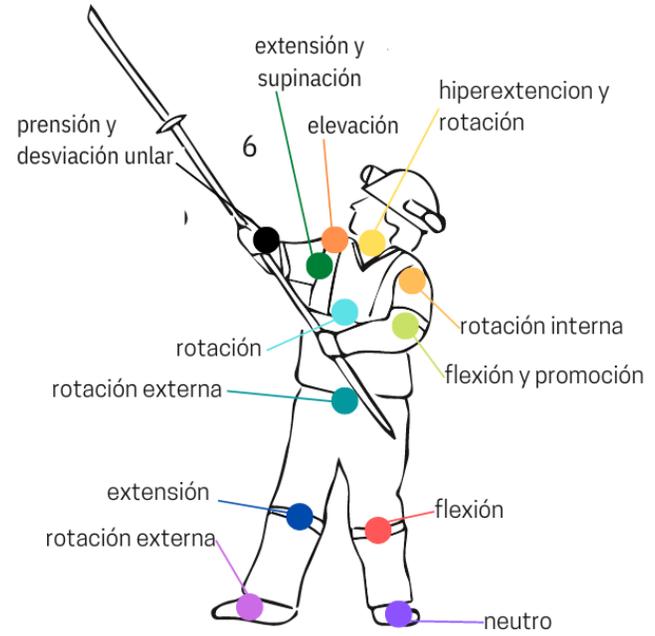
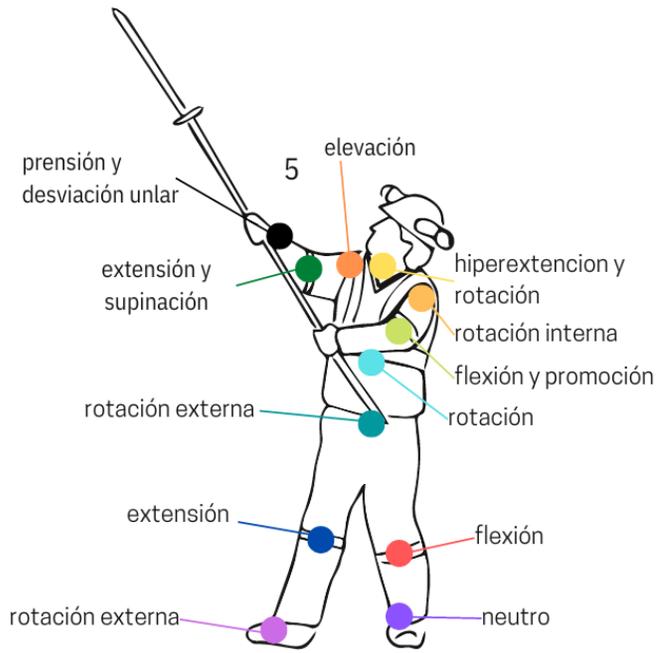
# Secuencia de movimientos



# Movimientos articulares

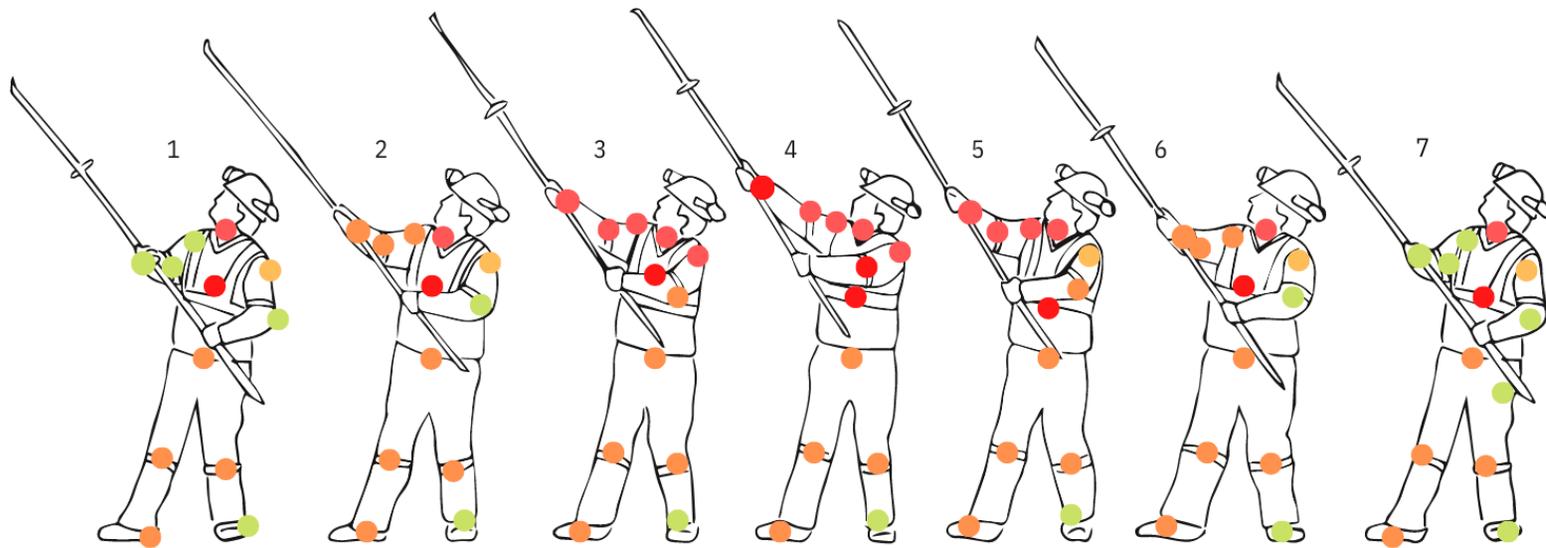
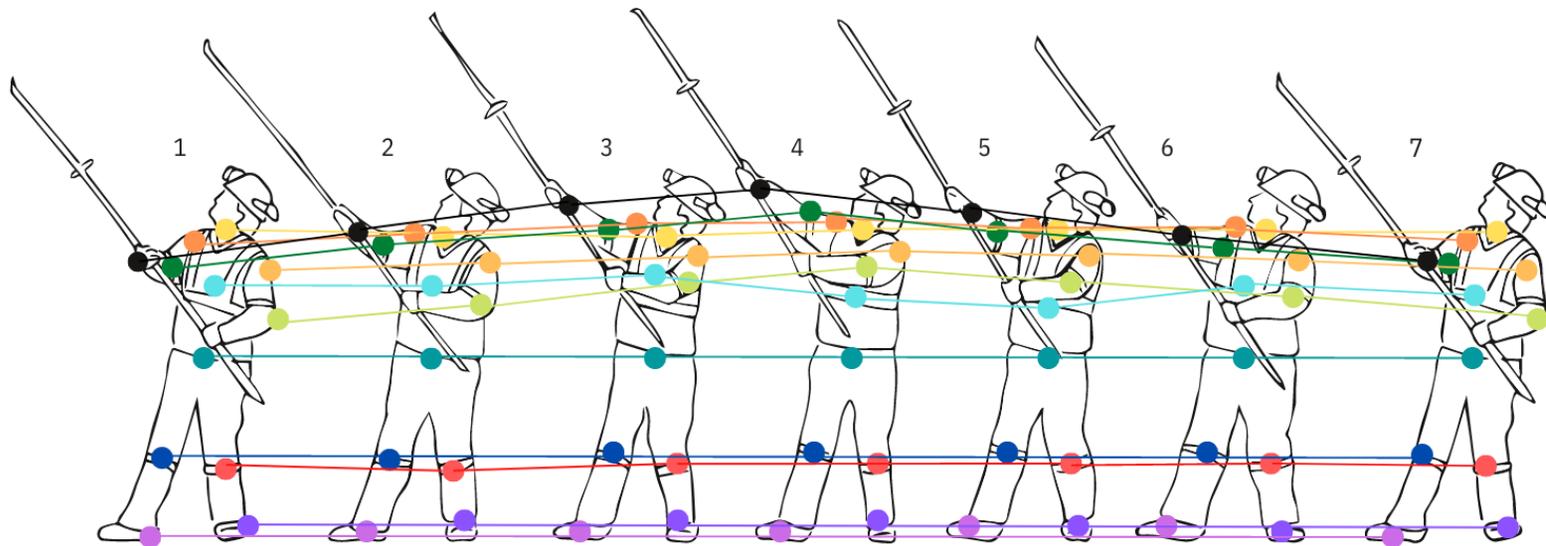
- **cuello**
- **hombro izquierdo**
- **hombro derecho**
- **codo izquierdo**
- **codo derecho**
- **muñeca derecha**
- **torso**
- **cadera**
- **rodilla izquierda**
- **rodilla derecha**
- **pie izquierdo**
- **pie derecho**





# Esfuerzo y compromiso articular

# Esfuerzo articular y compromiso articular



ALTO

MEDIO

BAJO

## 5.2 Riesgo por caída de rocas

Otro de los riesgos principales es la caída de rocas y partículas proyectadas. El acuñar es estar en contacto directo con el mayor riesgo en minería que es la caída de rocas, en donde el 30 y 40% de accidentes por este factor, ocurren en el proceso de acuñadura. Según Carlos Mella Barra, al generar golpes y técnica de palanca con la roca mediante la barretilla (herramienta manual para acuñar), es común que salten partículas proyectadas, rocas que se encuentran quebradas y que por efecto de la gravedad caen al minero o saltan cerca de él como también rocas de mayor tamaño y fuerza que por efecto de rebote pueden llegar a él. Debido a eso, plantea que siempre hay que tener cuidado con las rocas, estar observando en todo momento los techos de la galería y estar atentos a las rocas que se deben hacer caer para evitar accidentes por falla humana, como también, utilizar los equipos de protección personal de manera correcta.





Roca de gran tamaño fracturada con potencial riesgo de caída.



Roca pequeña colgando desde el techo de la galería a punto de caer.

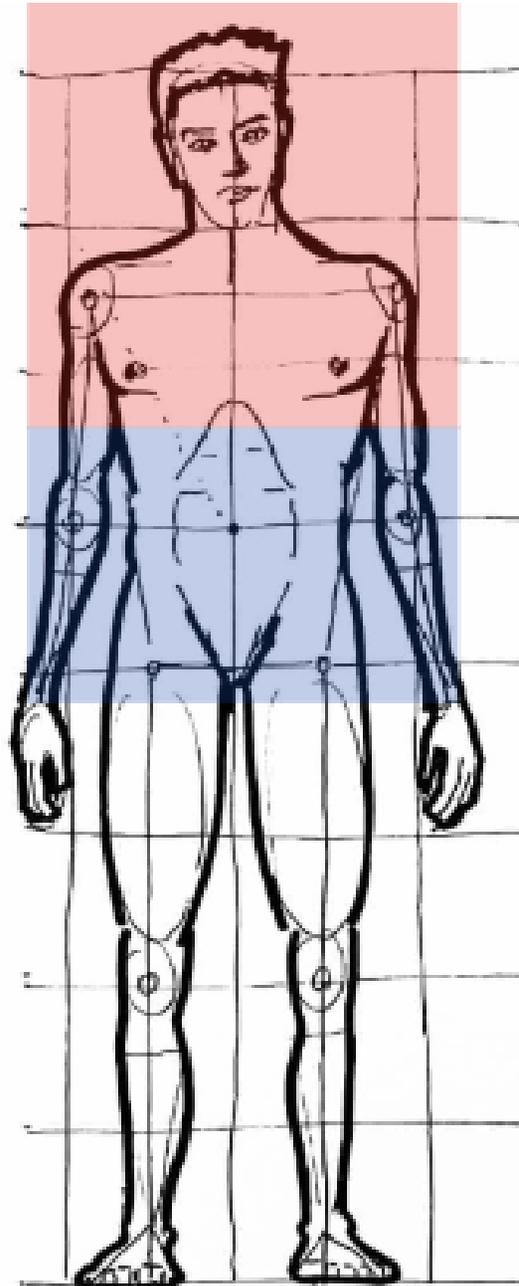


Imagen propia, salida a terreno Mina La Tilde

En esta imagen de la salida a terreno de la mina La Tilde del distrito de Chancón, Rancagua, se puede ver la caída de una piedra en caída libre de gran tamaño al suelo y el espacio que dejó en el techo de la galería.

## 5.3 Tamaño de rocas y dirección de caída

Los tamaños de rocas que pueden afectar al minero acuñador van desde partículas pequeñas, rocas medianas, grandes hasta planchones (roca enorme de varias toneladas). La dirección de caída de las rocas principalmente en esta actividad es de caída libre debido a que proviene tanto del techo de la galería y de sus cajas como también por efecto rebote al momento de caer y romperse en pequeñas partículas por el choque con el suelo. La consecuencia de un golpe de roca varía según la masa de estas ya que mientras más masa tenga la roca, más energía tendrá al momento de caer por lo que más fuerte será el impacto. En el ámbito del rebote, la roca irá perdiendo cada vez más su energía mientras más choques tenga, llegando así a perder toda su energía inicial.



- Zona donde el Impacto proviene desde arriba.

- Rocas de mayor tamaño y piedras proyectadas.

- Rocas en caída libre

- Fuerza: + + +

- Impacto proveniente desde abajo

- Impacto proveniente por rebote

- Piedras y pedazos proyectados de roca

- Fuerza: - - -

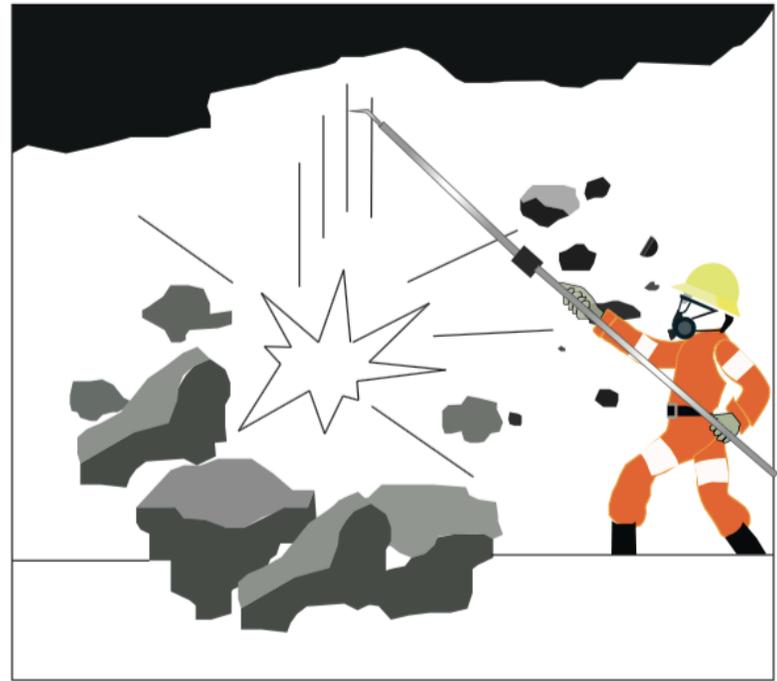
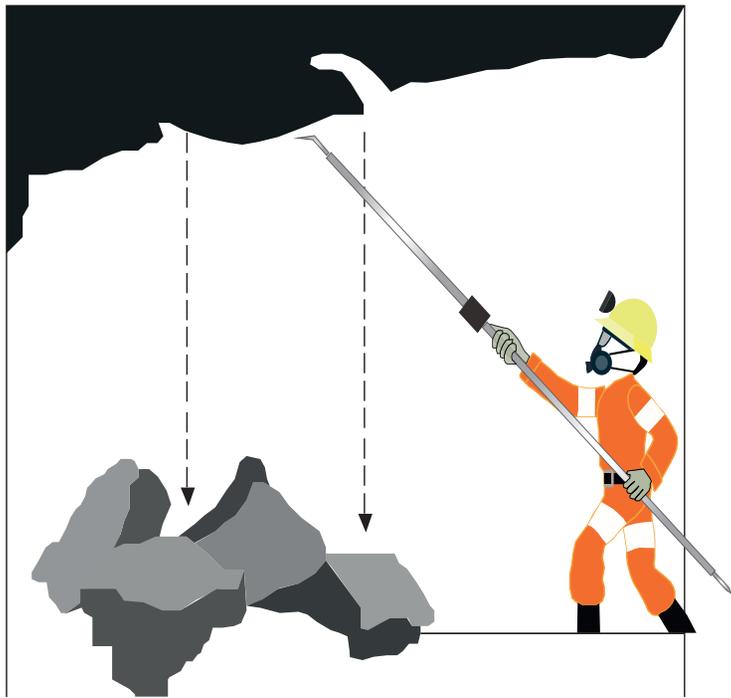


Figura 19: Elaboración propia / Caída de rocas



Imagenes propia, salida a terreno Mina La Tilde



Imagen propia, salida a terreno Mina La Tilde



# 06

## Formulación de proyecto



Imagen 24





## 6.1 Problemática

Situación de riesgo de los mineros acuñadores frente a impactos mecánicos por caída de rocas tanto por caída libre como por rebote en el ámbito de pequeña minería subterránea

## 6.2 Caso de diseño

Seguridad laboral para mineros acuñadores que se encuentran en situación de riesgo físico debidos a la potencial caída de rocas pequeñas, medianas y partículas proyectadas.

## 6.3 Objetivo general

Desarrollar un dispositivo de protección para mineros acuíferos de la pequeña minería subterránea.

## 6.4 Objetivos específicos

- Proteger al minero acuñador de impactos mecánicos por caída de rocas.
- Crear un dispositivo ergonómico, adaptable, ligero y resistente que aumente la percepción de seguridad.
- Resguardar al minero acuñador frente a posibles accidentes de caída de roca por error humano
- Crear un dispositivo con características mineras.

## 6.5 Definición del usuario

# Necesidades del usuario

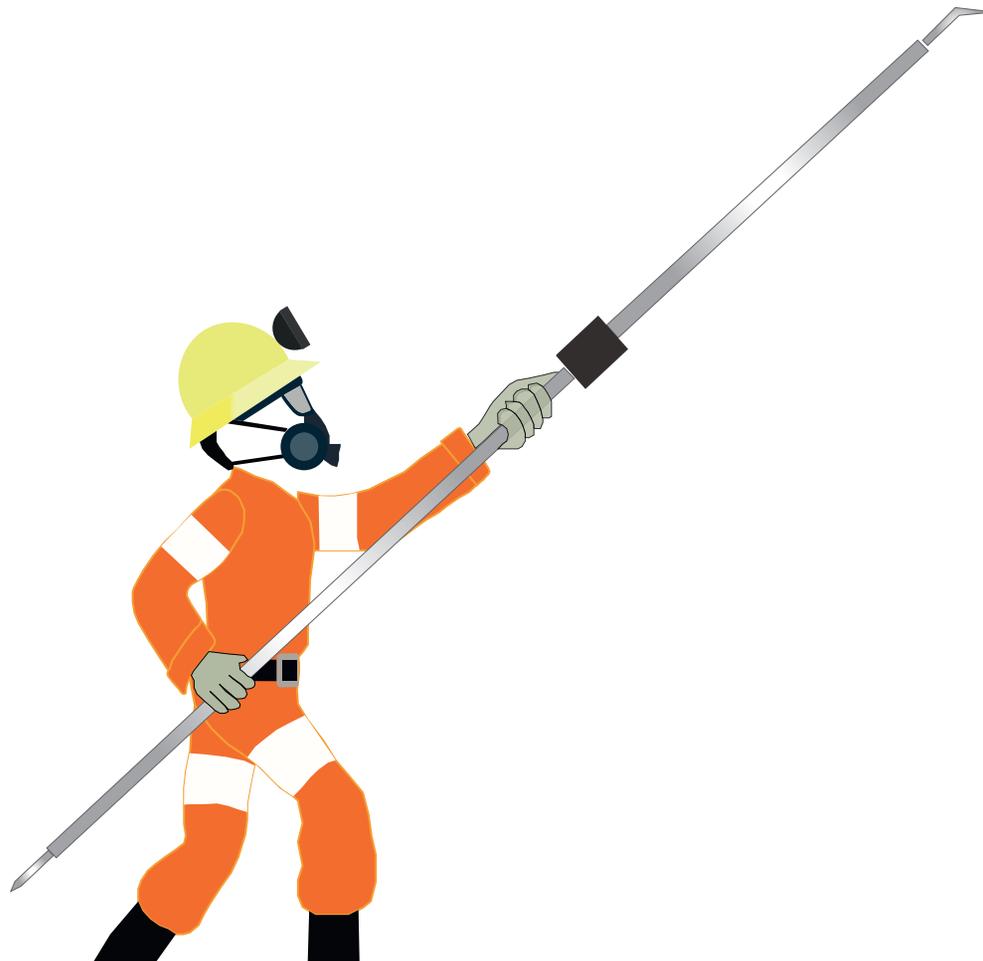
Minero acuñador manual de la pequeña minería que se enfrenta a impactos mecánicos por proyección de partículas de rocas, golpes de pequeñas y medianas rocas, y por rebote de estas.



Protección de impactos mecánicos



Sentimiento de seguridad



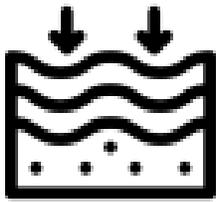
Comodidad



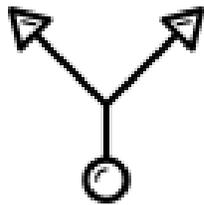
Movilidad

Figura 20: Elaboración propia / Posición segura ala cuñar  
Fuente: En base a información de Mutua de seguridad, s.f

## Requerimientos funcionales:



Amortiguación de impacto



Desviación de impacto



Identificación visual



Ergonomía



Circulación del aire



Visualizar entorno



Lenguaje minero



Ligereza



Imagen 25

# 07

## Referentes



## 7.1 Referentes directos



Atoun

Exoesqueleto que facilita el trabajo físico de obreros en fábrica y almacenes

Características:

- Da soporte adicional al cuerpo del usuario durante el movimiento
- Tiene un sistema neumático que reduce la tensión puesta en músculos y articulaciones.
- Tiene dos capas, la primera una tela que permite la ventilación con terminaciones limpias y varios puntos de enganche y un armazón de fibra de carbono en la espalda
- Tiene un peso de 4.4 kg
- Armazón no va a ras de espalda sino que sobresale con dos puntos de apoyo que son cadera y parte baja del cuello.



## Exoesqueleto

Características:

- Protección del cuerpo con armaduras más rígidas que va remachado sobre una primera capa de EVA.
- Puntos de movimiento mecánico como en el codo y rodilla para no limitar el movimiento
- El agarre de las piezas al cuerpo son mediante velcro, permitiendo la adaptabilidad según parte del cuerpo.
- Armadura geometrizada.



Steadycam

Soporte para cámaras cuya función es estabilizar la imagen en movimiento, compensando la vibración propia de este tipo de grabación

características:

- Brazo articulado e isoelástico.
- Soporte especializado que sostiene el equipo de la cámara.
- Arnés corporal de espuma acolchada que distribuye el peso de la cámara a todo el cuerpo y con tela antitranspirante
- Segunda capa es de aluminio mecanizado CNC de precisión
- Diseño ergonómico ajustable- varios puntos de enganche



Jofa Rockfight

Protector de pecho y espalda ligero y cómodo.

Características:

- Pieza de protección central
- Incorpora protección en la área del pecho y la columna para protección contra impactos
- Permite flujo de aire
- Placas flexibles en los laterales de ajuste perfecto
- Construcción de peso pluma y ajuste aerodinámico para reducir la fatiga.
- Placas protectoras ultra ventiladas acopladas con bioespuma.



**Schutt Sports Varsity  
XV HD Shoulder Pad**

Hombreras de protección para fútbol americano

Características:

Diseño de arco de alto rendimiento para minimizar el peso  
Corrugaciones elevadas para mayor resistencia y mayor flujo de aire

Hombreras universitarias más ligeras mientras mantienen altos estándares de rendimiento

Espuma EVA de alta densidad para una mayor absorción de impactos y durabilidad, el arco ventilado tiene corrugaciones elevadas y agujeros de ventilación

y agujeros preperforados para fijación de accesorios

La almohadilla multiusos tiene un corte más largo para acomodar a varios atletas que juegan varias posiciones en el campo, mientras que mantiene la máxima comodidad y cobertura.



**TronX**

Equipo de protección con almohadillas para jugadores de hockey.

Características:

- Material de plástico inyectado

- Hombreras creadas con espuma

- La armadura de los hombros es de plástico moldeado duro con espuma estándar adicional para impactos y comodidad del jugador.

- Armadura de hombro cubierta para absorber los encuentros más físicos

- Protector de bíceps moldeado y ajustable para adaptarse cómodamente alrededor de los bíceps mientras proporciona la máxima protección.

- Protección de esternón y columna vertebral mediante espuma resistente e insertos de polietileno.



## Equipo de protección anti bomba. GOPE

Características:

- Equipo cubre todo el cuerpo.
- Casco de Kevlar con ventilación forzada y con cristal antiexplosión que está fabricado con tres capas de material acrílico endurecido y policarbonato.
- El traje tiene varias placas diferentes. La primera es un compuesto de armidas antimetralla, la segunda capa es de poliuretano para absorber las ondas de choque, la tercera capa es una armadura interna de Kevlar y la última es una capa suave.
- Tiene un chaleco ignífugo y refrigerante que lleva un litro de agua helada



## Wosawe

Características:

- Primera capa de tejido transpirable y una segunda capa más rígida
- Tejido transpirable y cómodo
- Zona de abajo (logo) es reflectante
- Doble correa fija ajustable antideslizante
- Primer material de goma eva de alta densidad, suave y ligero
- Carcasa de Polietileno resistente al impacto



**SEVERNE AIR V3  
AZUL 2020**

Arnés de windsurf

Características:

- Parte trasera pre curvada
- Rellena la zona lumbar y se ajusta a la cintura mediante el cinturón de velcro de 11 cm.
- Todo el interior está hecho con material de eva 3D, que se adapta al cuerpo.
- Por fuera el arnés lleva un material moldeado, muy ligero
- Para aumentar la comodidad, el borde está fabricado con neopreno
- El gancho de arnés de acero inoxidable está sujeto mediante una cincha a cada lado.



**D- Air Armor**

Protección para corredores de motocicletas

Características:

- Protector de lumbar y hombros
- Con tecnología Air bag en la parte de los hombros y cuello
- Tres materialidades diferentes. Primera capa acolchada de espuma y tela antitranspirante, la segunda una armazón para la espalda la cual va remachada en la espuma y el tercer material son las bolsas de aire en la zona de los hombros y cuello tanto en la parte trasera como delantera.

## 7.2 Referentes indirectos



## The Shield Satchel - Design for defense

Dispositivo de seguridad personal ante manifestaciones y desórdenes públicos.

Características:

- Cartera con escudo equivalente a un equipo antidisturbios personal
- Puede colgar como un bolso normal pero se abre como un escudo cuando es necesario
- La materialidad es policarbonato el cual protege de cualquier tipo de impacto
- Su construcción transparente permite la visibilidad
- Tiene bisagras en la parte media para facilitar el abrir
- Se sujeta mediante correas firmes naranjas que permite llevarlo colgado por el hombro como también sujetar en el interior para defenderse.



## Colección Maison Margiela Fall 2018. Ready to wear fashion show

Características:

- Vestimenta transparente en el pecho y cabeza
- Cara despejada pero con la cabeza totalmente cubierta
- En la parte lateral de la cara tiene estructuras con agujeros para la ventilación
- Tiene visera transparente
- La parte del pecho y cuello sobresalen del cuerpo. Hay espacio entre el pecho y la vestimenta transparente
- Los costados tienen hebillas para adaptar la distancia.



### Escafandras quirurgicas:

Equipo de protección para disminuir la posibilidad de infecciones

Características:

Cubre todo el cuerpo

Protección en la cabeza bastante amplia permitiendo moverla libremente

Protección de cara transparente para poder observar el trabajo a realizar

Protección de cabeza incorporado al traje de cuerpo

De algodón siliconado antimicrobiano



### Blackpack

Mochila intermitente para ciclistas con luces LED para advertir a los otros usuarios de sus movimientos.

Características:

-Diseño geométrico

-Diseño futurista

- Diseño resistente

- Gran tamaño, cubre toda la espalda



Stool one high

Características:

- Silla de aluminio tratado con titanio
- Geometrización de parte superior con espacios vacíos para mayor comodidad al sentarse
- Respaldo geometrizado y con ángulo para sostener la zona de la espalda baja.



Tortuga

Características:

Rasgos físicos: caparón que sirve de armadura  
La piel de la tortuga (lo más débil) queda entremedio del caparazón que se encuentra en la espalda y el pecho  
Solo las extremidades quedan libres para poder moverse  
Caparazón cubre todo su cuerpo y lo protege de todo peligro.



### Palmer Safety Hammerhead

Arnés de seguridad para trabajos en altura

Características:

Material poliéster

Se ajusta con facilidad y se adapta a la preferencia del usuario

Acolchado en la espalda

Correas de patas con hebilla de lengua

Anillos en D traseros y laterales

Primera capa de tela anti transpirante

Sujetador de cinturón en la espalda baja y acolchado.



### Rhyolite 2 Safety Jacket

Chaqueta de hombre para mountain bike

Características:

Protección resistente para parte superior del cuerpo

El panel de protección envuelve tanto la espalda como el pecho

Almohadillas de espuma viscoelástica suave para absorber la fuerza de impactos y cortes

Mangas desmoldables para hacerlo más cómodo en verano

Tiene paneles laterales transpirables que regulan la temperatura del cuerpo

Cierre en la parte central para mayor facilidad al ponerlo y sacarlo.

# 08

## Materiales

## 8.1 Materiales protección mecánica

# ABS

El polímero ABS es un terpolímero amorfo que se fabrica combinando tres compuestos distintos que son: acrilonitrilo, el butadieno y el estireno. Usando diferentes combinaciones de estos monómeros se pueden fabricar diversos tipos de plástico ABS con propiedades diferentes.

El material ABS tiene la peculiaridad única de ser un termoplástico industrial de uso general y un termoplástico de ingeniería de altas prestaciones. Se caracteriza por su tenacidad y resistencia a impactos incluso a bajas temperaturas, buena rigidez y maquinabilidad.

Propiedades y ventajas:

- Resistencia química
- Alta resistencia mecánica
- Rigidez
- Dureza
- Moldeable
- Tenacidad



Imagen 26

# POLICARBONATO

El policarbonato es un material sintético catalogado dentro del grupo de los termoplásticos, también conocidos como plásticos de ingeniería. Se trata de un polímero formado por cadenas de carbonato. Gracias a ello posee propiedades fantásticas para la construcción y creación de estructuras, piezas de ingeniería y mucho más.

Propiedades y ventajas:

Muy alta resistencia a los impactos.

Muy ligero

Transparente

Resistente a la tracción

Alta rigidez y resistencia como elemento protector.

Resiste muy bien a riesgos de deformación térmica

Material que se muestra efectivo ante la fluencia

Grandes propiedades como aislante eléctrico.

Protección contra rayos ultravioleta.

Fácilmente moldeable



Imagen 27

# Polietileno de alta densidad

El polietileno de alta densidad es un polímero termoplástico formado por múltiples unidades de etileno. El polietileno de alta densidad se obtiene por adición, es decir, sumando distintas unidades de etileno. Su configuración química confiere una densidad molecular considerable, que se traduce en una gran resistencia y dureza, así como una mayor tolerancia a las altas temperaturas.

Propiedades y ventajas:

- Rigidez
- Dureza
- Resistencia a los impactos
- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la temperatura



Imagen 28

# Goma EVA de alta densidad

La goma EVA ( copolímero de etileno-acetato de vinilo) es un termoplástico para variados usos en zapatería, colchonetas, pisos, aislantes protección en prendas deportivas para impactos, entre otras. De textura espumosa y flexible.

Propiedades y ventajas:

- Resistencia mecánica
- Resistencia a la tracción
- Antideslizante
- Amortiguador de ruido o vibraciones
- Dureza
- Flexibilidad

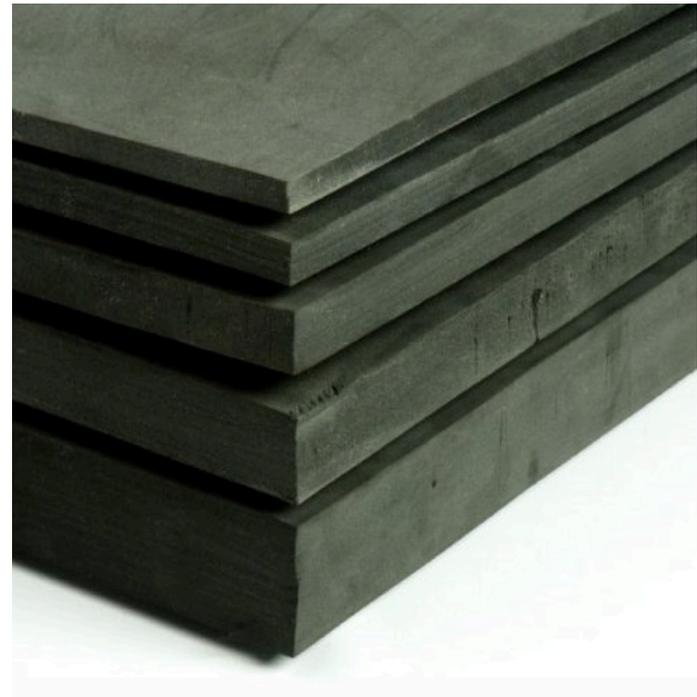


Imagen 29

# Fibra de carbono

La fibra de carbono es un polímero que se obtiene a partir de otro llamado poliacrilonitrilo, y consiste en fibras extremadamente delgadas compuesto principalmente de átomos de carbono unidos entre sí.

Propiedades y ventajas:

- Alta resistencia mecánica
- Resistencia térmica
- Conductividad térmica
- Conductividad eléctrica
- Resistencia química
- Resistencia a la corrosión
- Peso reducido
- Resistencia mecánica
- Alta rigidez



Imagen 30

# Tecnología D3o

Es un polímero de color naranja que tiene la particularidad de cambiar su estado según la presión que se le ejerza. Este material se encuentra en estado líquido que al momento de impacto, absorbe la energía transformándose en sólido y luego vuelve a su estado líquido inicial. Esta tecnología se basa en la teoría de los fluidos newtonianos los cuales tienen la característica de ser sólido y líquido al mismo tiempo.

Propiedades y ventajas:

- Material flexible
- Alta resistencia a impactos
- Resistencia mecánica
- Resistencia a las variaciones de temperaturas
- Ligeresa



Imagen 31 y 32

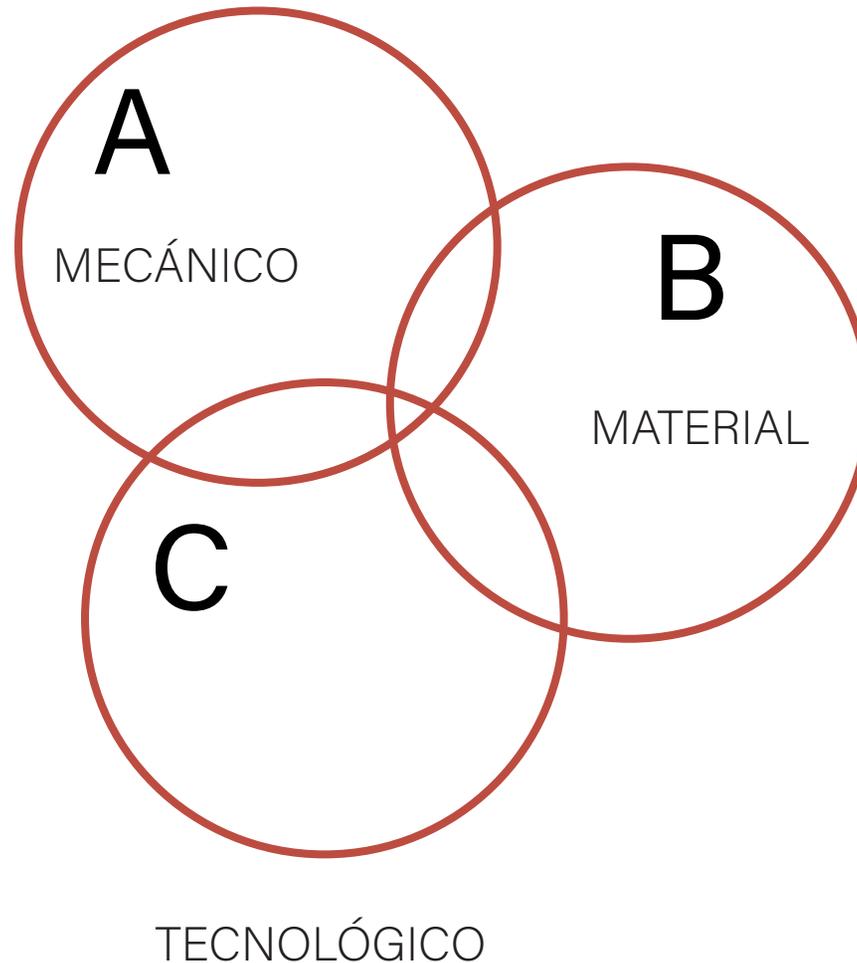
# 09

Proceso de diseño

# 9.1 Propuesta preliminar

La propuesta inicial era re diseñar la barretilla para poder identifica de manera más concreta el estado de sujeción de la roca para saber si hay que hacerla caer o si está firme, y por consecuencia dejar que el proceso de acuñadura dependa de lo sensorial así evitar el error humano y accidentes.

La propuesta consistía en re diseñar la barretilla en tres áreas distintas :



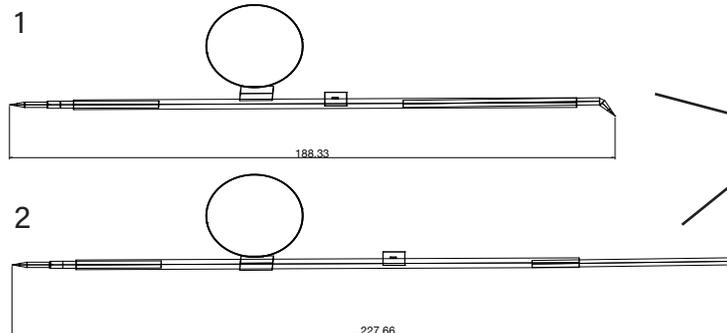
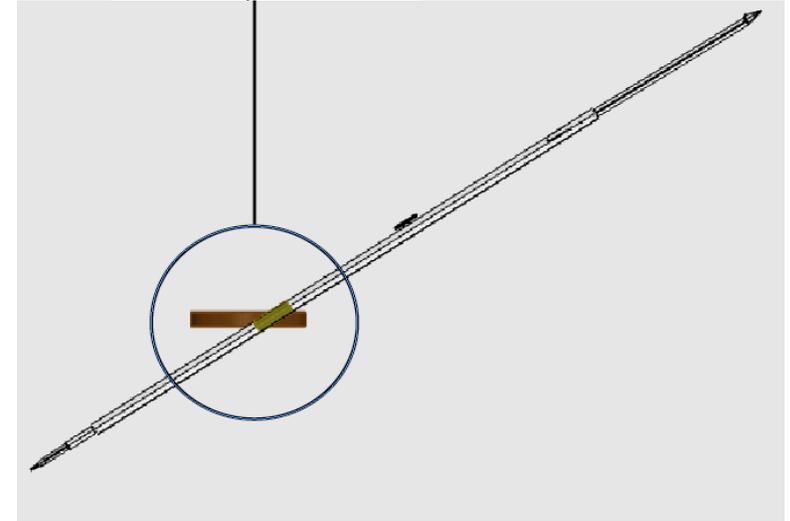
# A

## MECÁNICO

Al ocupar la barretilla para acuñar, se debe hacer palanca en donde los brazos son la fuente de fuerza para derribar la resistencia que sería la roca. La innovación en el área mecánica sería brindarle al minero acuñador un cambio en la manera de hacer palanca y de utilizar la barretilla agregando un cinturón con agarre de barretilla para que el peso de esta recaiga en la cintura y no en los hombros ni brazos del minero con la idea de alivianar el peso y facilitar el movimiento de los brazos

Otro cambio que se haría sería permitir el alargar la barretilla para poder aumentar la distancia de la roca con el operario para darle mayor seguridad ya que muchas veces los mineros acuñadores sufren accidentes por ubicarse muy cerca de las rocas en las cuales están trabajando. Una barretilla de 180 cm, aproximadamente permite 72.5 cm de distancia con la roca por lo que al posibilitar el alargarla, podría distanciarse cerca del doble de la distancia inicial.

Cinturón por sujeta barretilla para cambiar el peso de la barretilla en la cadera y no en los brazos y hombros.



Con una barretilla de 180 cm, aproximadamente la distancia con la roca es de 72.5 cm por lo que al posibilitar agrandarla, podría generar alcanzar casi el doble de la distancia inicial con la roca, siendo una distancia más segura.

# B

## MATERIAL

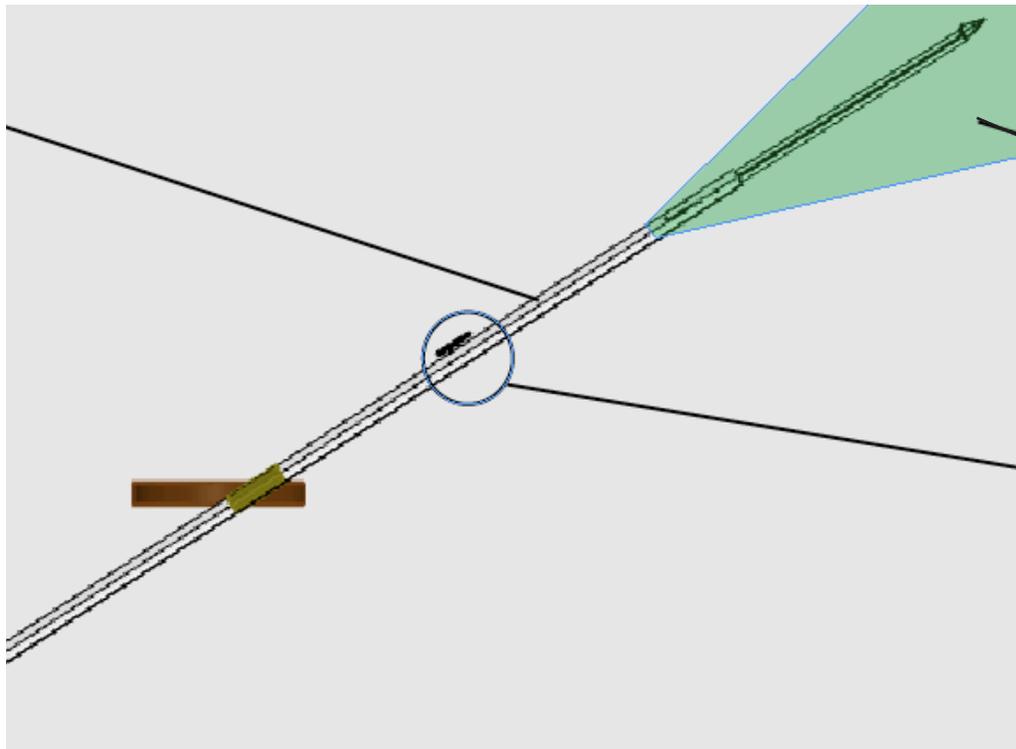
Los materiales que se utilizan para acuñar son acero y aluminio pero muchas veces los mineros crean sus barretillas utilizando coligues ya que el material es mucho más liviano además que les permite tener una herramienta más larga por lo que más distancia con la roca y con el potencial lugar de caída. Por lo que se cambiará el material a fibra de carbono debido a que es más liviano que una barra de acero y aluminio.

# C

## TECNOLÓGICO

Como el proceso de acuñadura es sensorial ya que deben escuchar el sonido de la roca además de sentir las vibraciones, la propuesta es implementar un medidor de frecuencia de sonido mediante rangos en donde al momento de pegarle a la roca, si la frecuencia de sonido marca entre 250 - 1000 hz, la barretilla lo identifique como un sonido hueco por lo que emitirá una luz roja indicando que debe acuñar, mientras que si el rango es de 2000 - 4000 hz, la barretilla lo identifica como un sonido de roca firme por lo que emitirá luz verde. La idea es generar un instrumento de medición que por sonido y vibración brinde seguridad y precaución al minero acuñador.

El material sería un tubo de fibra de carbono hueco. Material liviano y conductor de vibraciones



Que emita luz dependiendo del estado de sujeción de la roca

Pantalla donde muestre la frecuencia de sonido y vibración al pegarle a la roca

## 9.2 Desarrollo formal final

## Consideraciones anteproyecto

Tras las correcciones de la comisión en la etapa de anteproyecto, se decidió cambiar la propuesta del rediseño de la barretilla por un dispositivo de protección personal para los mineros acuñadores que se enfrentan a riesgos mecánicos por caída de rocas.



Imagen propia, salida a terreno Mina La Tilde

# Propuesta 1

En esta primera propuesta, luego de cambiar la problemática tras el anteproyecto, se decidió crear un dispositivo de protección continuo que abarcara la parte superior del cuerpo incorporando la cabeza. Este dispositivo se basa en una geometrización del cuerpo el cual provoca el rebote de rocas por el choque con las aristas de los polígonos, disminuyendo así la fuerza de impacto.



## Propuesta 2

La segunda propuesta consta de un dispositivo con dos capas. La primera es una superficie lisa y amortiguadora estilo pechera el cual va conectada con un cubre abdomen mediante una unión móvil. Esta protección de abdomen va enganchada al cinturón minero mediante correas teniendo así un lenguaje minero.

Sobre estas superficies amortiguadoras, va una estructura rígida y geométrica que protege de impactos de roca la cual tiene un sistema de rebote disminuyendo la fuerza de impacto.

Se prototipo con cartón simulando las correas de agarre en los hombros, alambre para simular la estructura, y también con tela y espuma para crear la capa amortiguadora.



## Propuesta 3

Tras la propuesta 2, se llegó a la conclusión que efectivamente debe ser un protector con dos capas distintas, una acolchada y otra más rígida. Esta vez se le agregó a la capa acolchada un cuello protector simulando los cuellos de los trajes de carabineros y se decidió que la parte más rígida iba ir en la parte central del abdomen y columna. El armazón tiene la característica que solo posee 4 puntos de apoyo por lo que no es una estructura arras de cuerpo, dejando así espacio entre ellos para disminuir la fuerza de impacto directa al cuerpo y dispersar la fuerza solo a los puntos de apoyo. Además esta estructura rígida tiene esa forma debido a que cada arista anula y desvía la trayectoria de la roca, teniendo caras que generan rebote de esta y bloqueo de la trayectoria de rocas hacia zonas como la cara. La conectividad del armazón con la estructura acolchada es mediante remache y construido por ABS.



## Propuesta 4

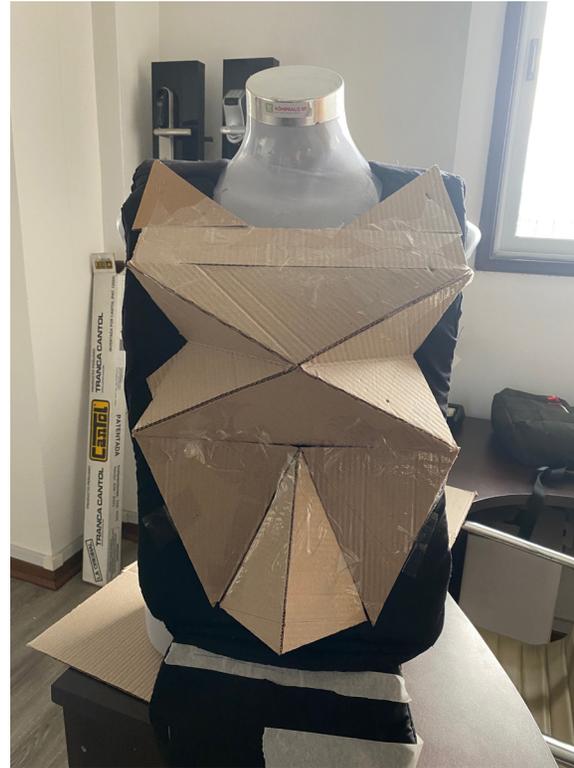
Tras la propuesta 3, se mantuvo la idea de seguir con las dos capas pero se procedió a complejizar la forma mediante la creación de una estructura para el juego de rebote de rocas pequeñas, medianas y partículas proyectadas.

Para realizar la propuesta, se diagramó al cuerpo en forma de cruz estableciendo cuales son los puntos más críticos del cuerpo humano y cuales son los que se verían más en riesgo según un impacto con rocas.

Se dividió al cuerpo según impacto directo e indirecto, en donde desde el pecho hacia la cabeza, incorporando los hombros y cuello se le consideró como altamente peligroso por posible impacto por caída libre de rocas. Mientras que desde el pecho hacia abajo, considerando abdomen, muslos y partes íntimas, se le consideró como impacto medio donde la roca podría venir con menor fuerza debido a rebotes previos.

La geometría responde a la función donde la parte del pecho tiene hendiduras para generar rebote de rocas en ella, anulando así la fuerza de impacto mientras que en el abdomen hay una triangulación central que desvía la roca, generando la desviación de su trayectoria evitando así que llegue a la cara o zonas más sensibles.

Se agregó a la propuesta la idea de cubrir las partes íntimas del minero como también los muslos.



## Prototipo

Se decidió hacer un molde de cartón, luego se realizó la matriz en lata y así se procedió a hacer termoformado con máquina para probar la efectividad de la matriz. Además se experimentó por primera vez el proceso de termoformado.



La primera prueba que se hizo fue con una matriz de lata y con acrílico. El error que se cometió fue que al calentar el acrílico en la parte superior de la máquina, al momento de bajar y succionar, destruyó por completo la matriz por no tener una superficie de contacto dura y rígida además por ser un material delgado y liviano. Se decidió a hacer la matriz de nuevo de lata pero esta vez con una superficie de apoyo de yeso.

La segunda prueba que se hizo fue con acrílico también, el cual no llegó a dilatarse por completo por lo que al bajar hacia la matriz y proceder a hacer succión, este no agarró la forma de la matriz, llegando a la hipótesis que el acrílico no llegó a su temperatura ideal, la matriz era muy grande para el tamaño de la bandeja de succión, que la matriz no tenía orificios para poder facilitar la succión de aire o que el yeso que se colocó debajo de la matriz en forma de soporte al momento de succión, impedía que pasara el aire.

La tercera prueba se realizó con una matriz soldada de fierro con perforaciones para evitar colocar yeso. Pero tras más pruebas con acrílico, no se pudo llegar a la forma deseada. Se probó también con PAI, pero por complicaciones con la forma de la matriz (muchos ángulos muy pronunciados y puntas), se rompía.

Se intentaron varias pruebas más con PAI, hasta que se logró una aproximación a la forma pero ésta no alcanzó ciertas profundidades necesarias por lo que se procedió a generar esos espacios mediante pistolas de calor. Esto provocó que se dilatará mucho el PAI llegando a verse casi transparente y con muchas irregularidades, ensuciando así el resultado.





Se realizó también una matriz para las zonas íntimas y la primera capa de absorción con tela y espuma. Se procedió a geometrizar la zona y se prototipo con cartón. Esta estructura se apoya en la superficie blanda acolchada mediante 4 puntos de apoyo que van remachadas generando así que el volumen de la estructura no vaya a ras de la superficie negra disminuyendo la superficie de contacto y generando que la fuerza se disperse por esos 4 puntos.



Luego se hizo una matriz de lata con un respaldo de yeso y se metió a la máquina de termoformado para probarlo con acrílico.



El resultado fue favorable ya que adaptó de inmediato la forma deseada.

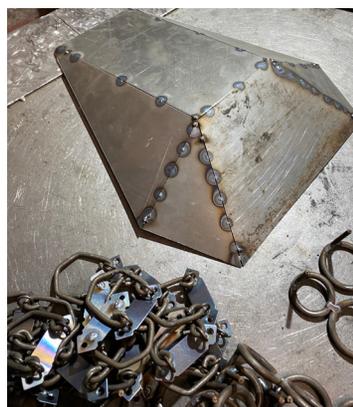
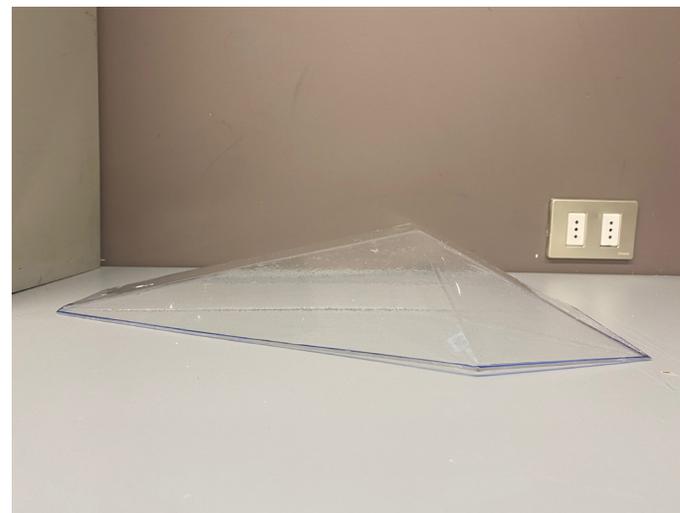
## Propuesta 5

Al corregir la propuesta 4 en clases, se llegó a la conclusión que la forma del armazón era muy compleja y que se podía simplificar más. Pero al realizar la corrección del armazón que protege las partes íntimas, pareció más interesante esa forma por lo que se decidió a proyectar esas líneas a todo el resto de dispositivo de protección. A la primera capa acolchada, se le decidió agregar espacios de ventilación para mantener fresco al minero en su trabajo como hacerle a la armazón tanto de pecho como de espalda espacios abiertos para la circulación de aire.

La parte delantera y trasera son iguales con la misma forma de polígono. La parte delantera se une a la trasera mediante hombreras que sobresalen de los hombros dejando espacio entre ellos y con solo dos puntos de apoyo para así disminuir el impacto directo a esa parte del cuerpo. Se decidió agregar el casco de seguridad incorporándolo al dispositivo de protección de impactos mecánicos. Este se conecta al resto del dispositivo a través de las hombreras y el armazón de la espalda.



# Prototipo



# 10

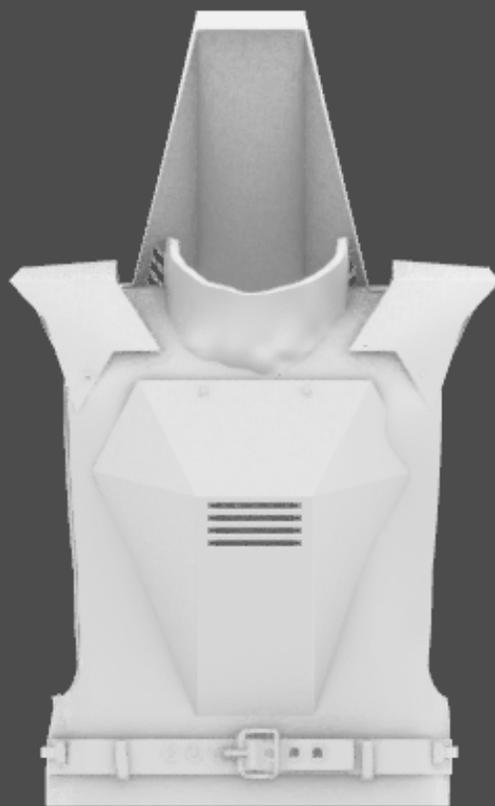
Propuesta de diseño

# 10.1 Propuesta conceptual

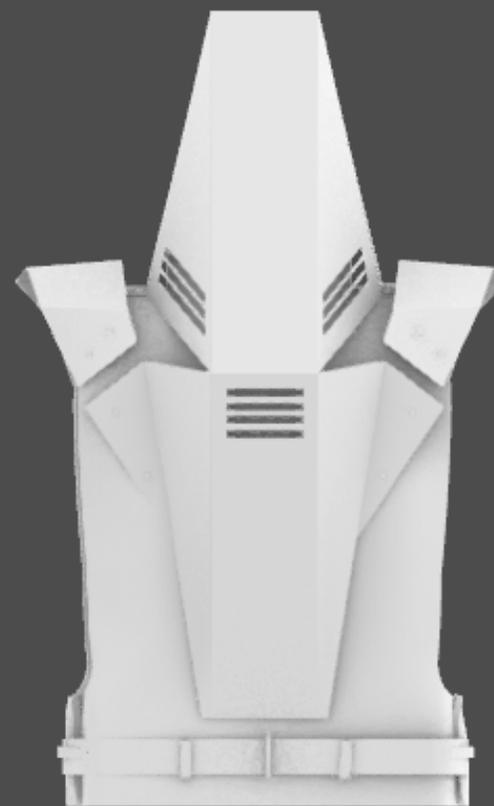
Dispositivo de protección personal EPP para mitigar impactos mecánicos de rocas provenientes desde caída libre y rebote, además de aumentar la sensación de seguridad en el contexto de acuñadura de la pequeña minería subterránea.



Vista lateral



Vista frontal



Vista posterior

# Variables de diseño

## Protección



Amortiguación de impacto



Desviación de impacto

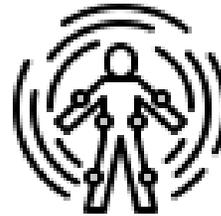


Identificación visual

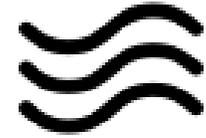


Lenguaje minero

## Comodidad



Ergonomía



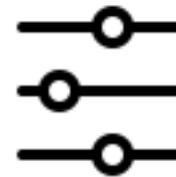
Circulación del aire



Ligereza



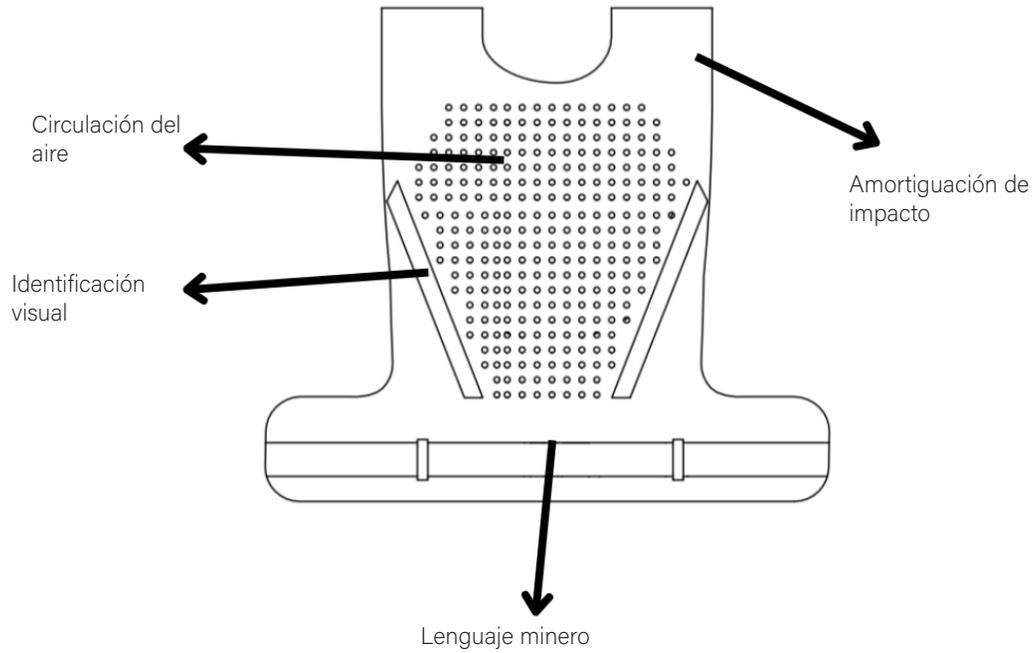
Visualizar entorno



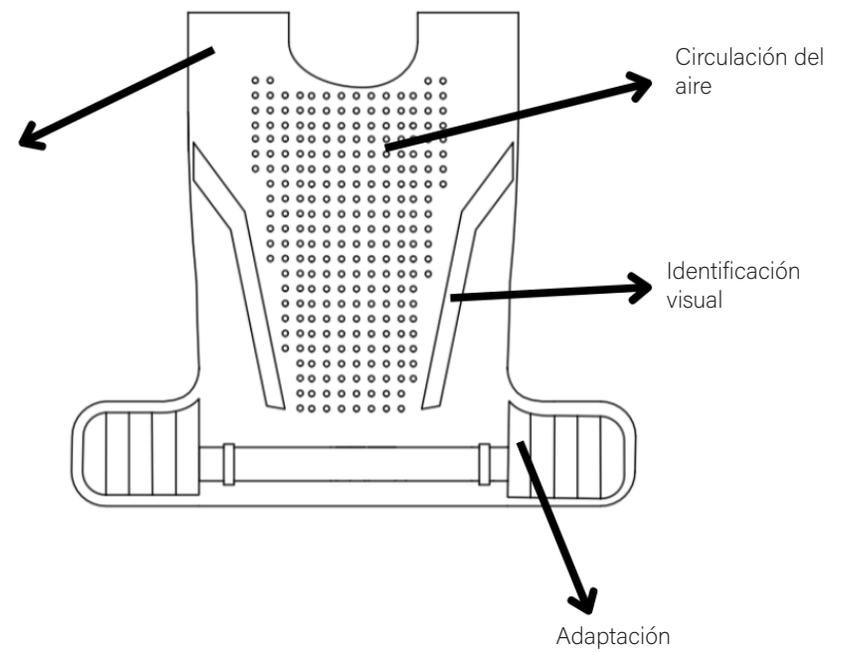
Adaptación

# Primera capa

## VISTA DELANTERA

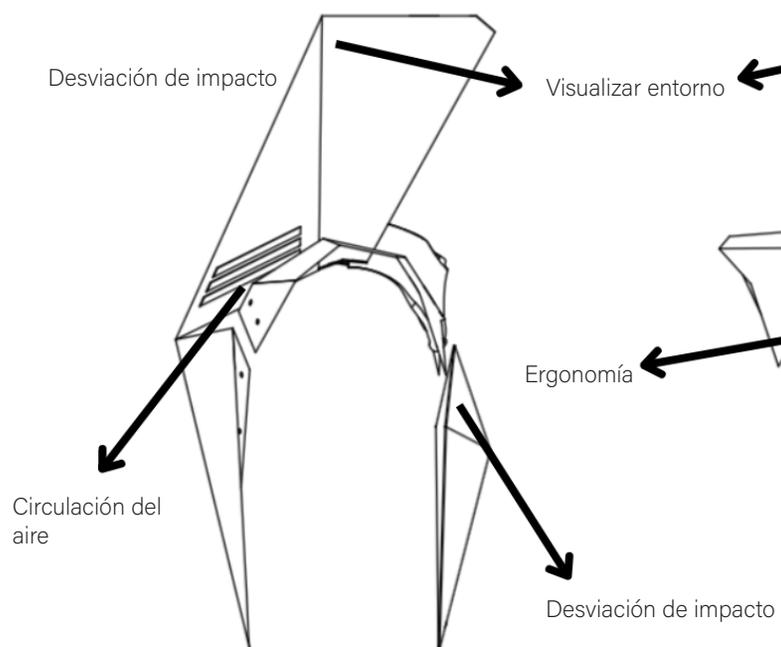


## VISTA POSTERIOR

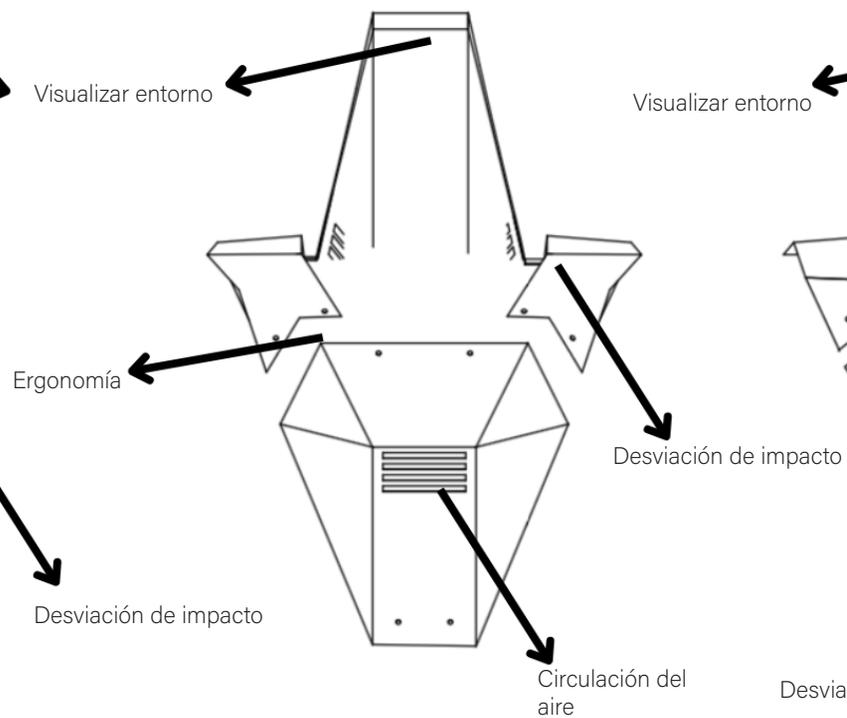


# Segunda capa

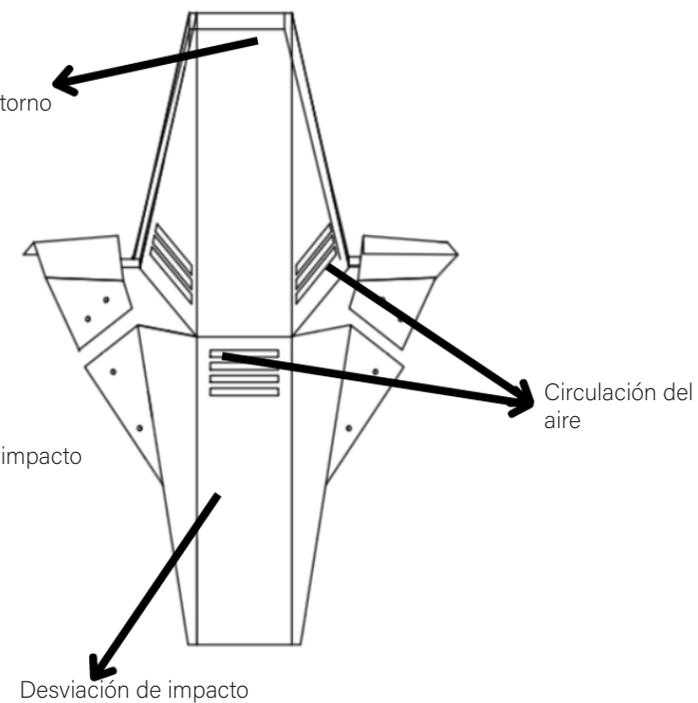
VISTA LATERAL



VISTA DELANTERA



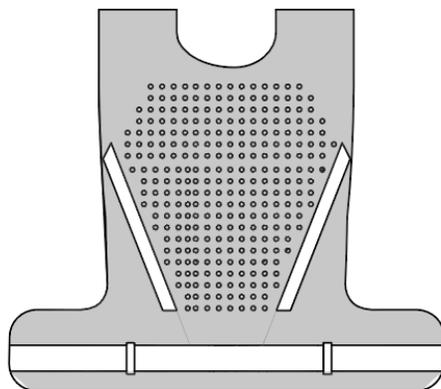
VISTA POSTERIOR



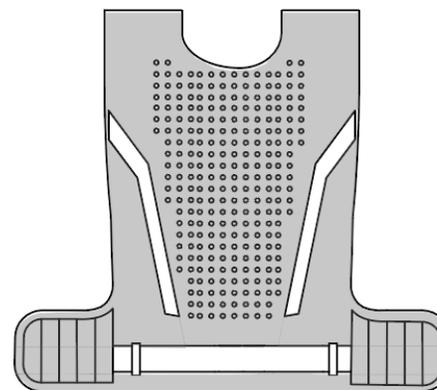


### Amortiguación de impacto

Para aumentar la seguridad al minero acuñador, se decidió trabajar con dos capas. La primera y la que va a ras de cuerpo, es una pechera que cubre pecho, abdomen, cintura hombros y espalda. Creada con tela negra y con una capa de goma eva de alta densidad con la finalidad de amortiguar cualquier tipo de impacto protegiendo el cuerpo.



Vista frontal

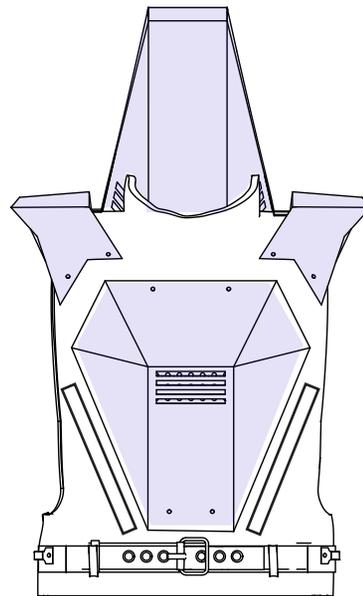


Vista posterior

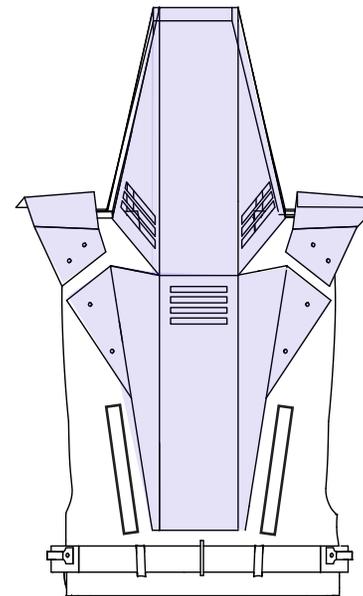


Desviación de impacto

La segunda capa es la que recibe directamente la fuerza de impacto de las rocas. Es un armazón geométrico en el pecho, hombros, espalda y cabeza. Se decidió agregar al dispositivo de protección al casco. Este casco va directamente enganchado a la armazón de la espalda y a los hombros, dejando a la cabeza libre de movimiento pero protegido. Así mismo si cae una roca a la cabeza, con este armazón en la cabeza, evita la comprensión en el cuello debido a que entre la cabeza y el armazón existe un espacio. La forma de este armazón provoca la redirección de la roca al chocar con él ya que tiene pliegues que generan que cambie la dirección la roca al pegar al dispositivo de protección. Además este armazón va remachado en partes específicas para que la fuerza de impacto vaya dirigido hacia esos lugares y el resto del cuerpo del armazón de policarbonato no toca el cuerpo del minero por lo que hay una separación para evitar que el impacto de la roca golpee directamente al cuerpo.



Vista frontal

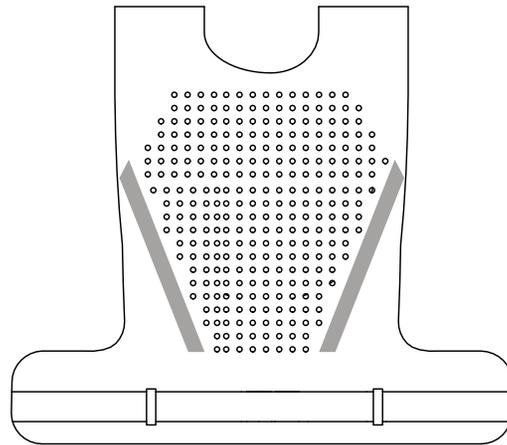


Vista posterior

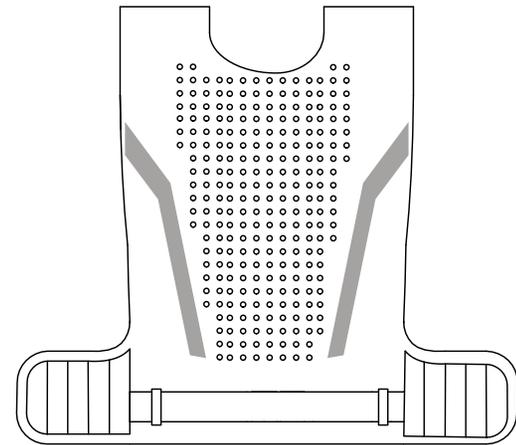


### Identificación visual

La pechera contiene unos identificadores visuales reflectantes con la idea de que el miero pueda ser identificado por sus otros compañeros. Esto debido a que esta pechera y armazón se pone sobre el overol por lo que estas cintas reflectantes rectangulares remplazan las del overol.



Vista frontal

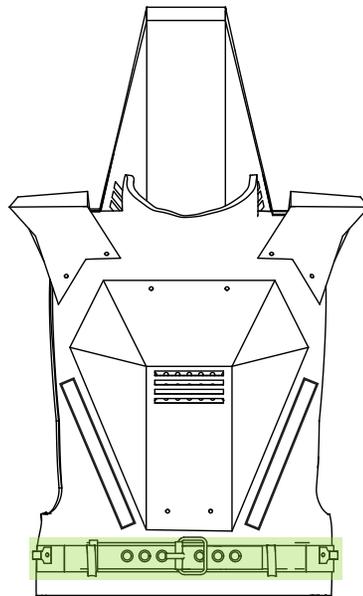


Vista posterior

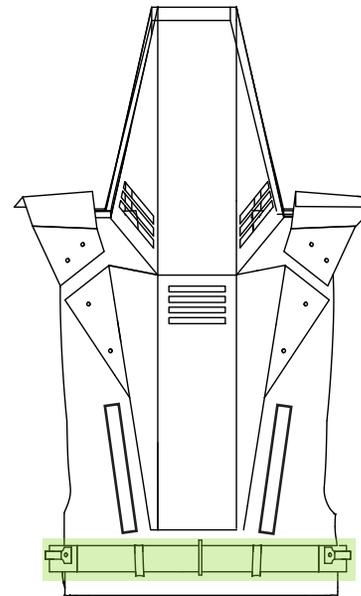


Lenguaje minero

Para hacer que tenga características mineras, se decidió agregar pretinas en la cintura para que se pueda agregar el cinturón y así acomodar el dispositivo de protección al cuerpo.



Vista frontal

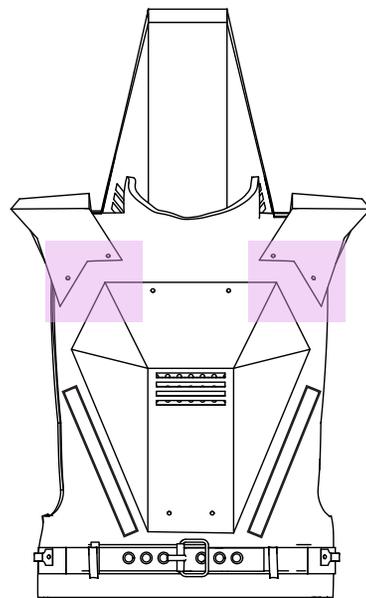


Vista posterior

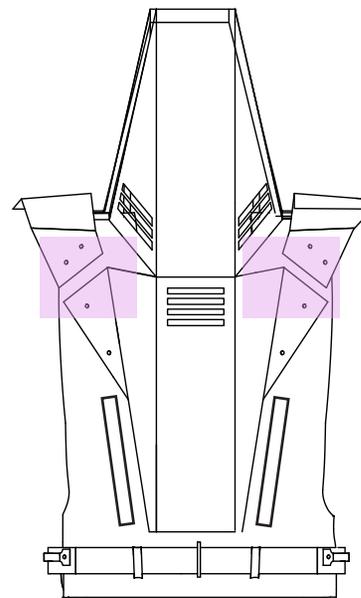


## Ergonomía

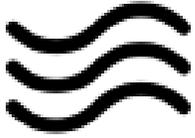
Para permitir que este dispositivo de protección permita el movimiento normal del cuerpo y sobre todo permita realizar los movimientos necesarios del minero acuñador, se decidió dividir el armazón para que tenga puntos de movilidad sobre todo en los hombros. Para unir las piezas de policarbonato del armazón a la pechera, se hizo mediante remache.



Vista frontal

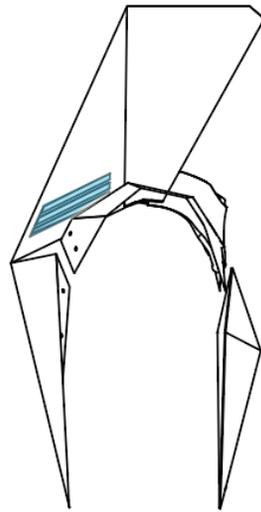


Vista posterior

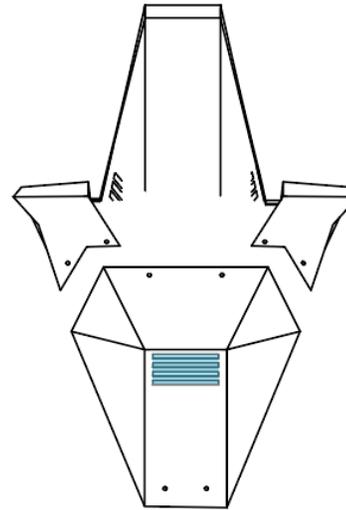


### Circulación del aire

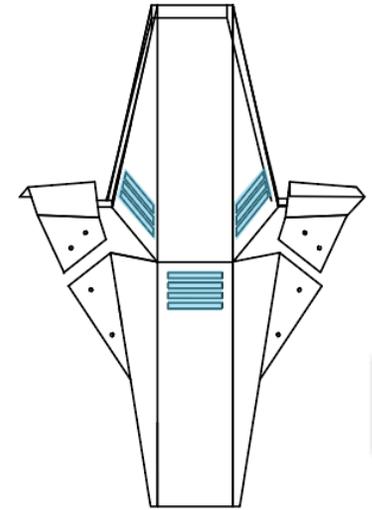
Tanto la primera capa de tela con goma eva de alta densidad como el armazón de policarbonato antibalístico, tiene ranuras que permiten el estacio de aire para la circulación por el cuerpo del miero. Las partes en la tela donde existen estos espacios de aire son el pecho abdomen y espalda, mientras que en el armazón los espacios de ventilación están en la parte del abdomen, espalda y el lateral de la cabeza.



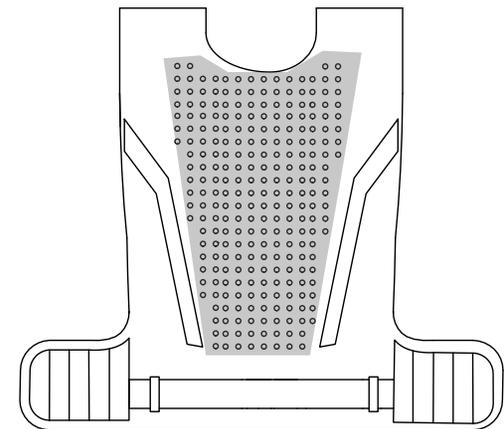
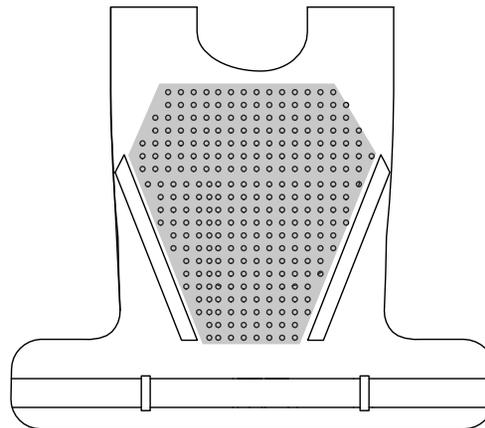
Vista lateral



Vista frontal



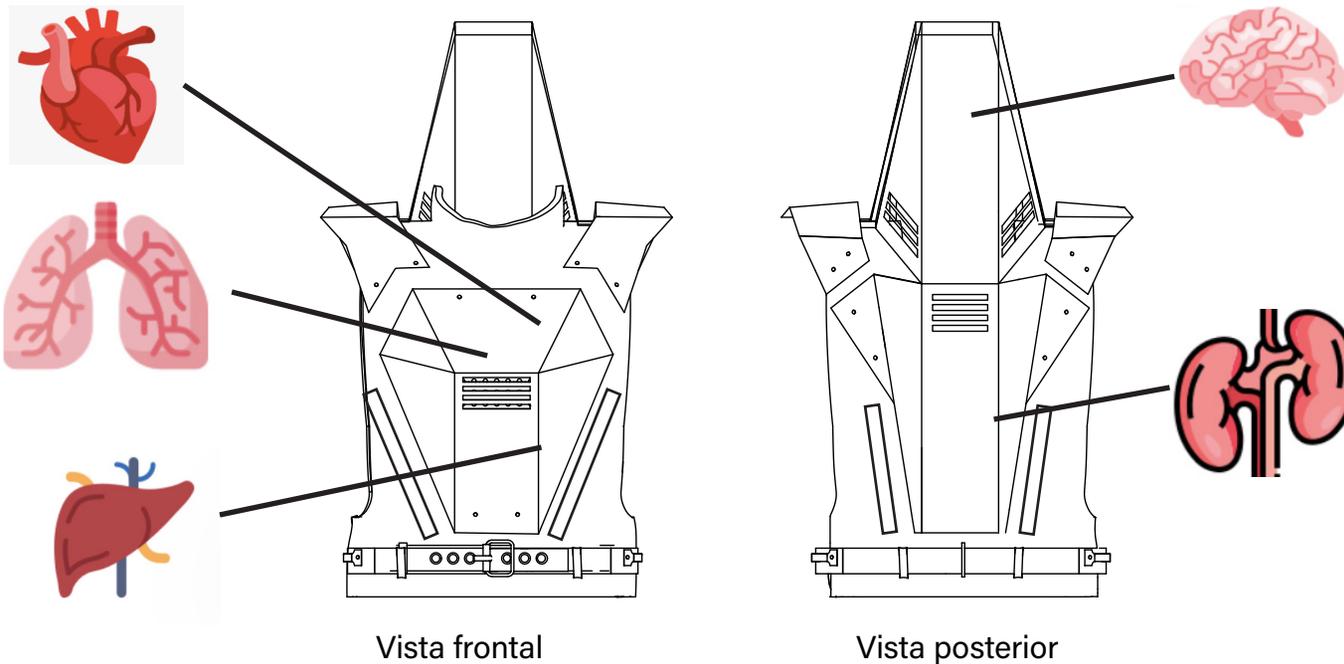
Vista posterior





## Ligereza

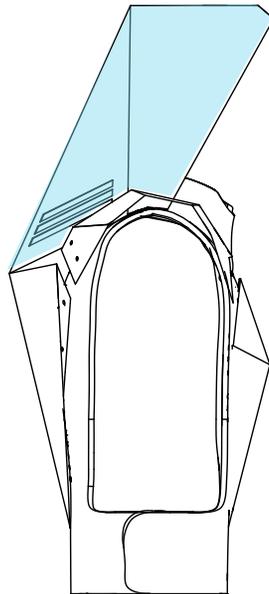
Para hacer que el dispositivo de protección sea más liviano, se decidió crear el armazón protegiendo los órganos vitales que son: cerebro, corazón, pulmones, riñones y hígado, además de hacer que el armazón tenga específicos puntos de contacto mientras que el resto de este, esté separado del cuerpo.



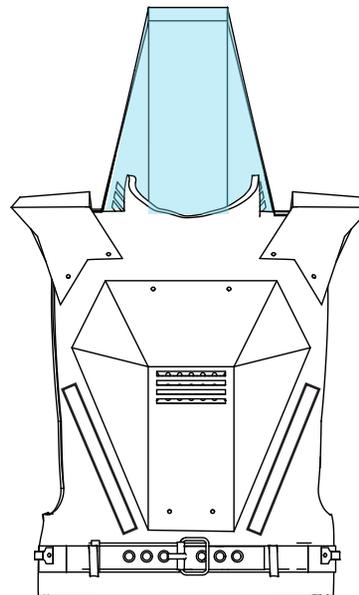


## Visualizar entorno

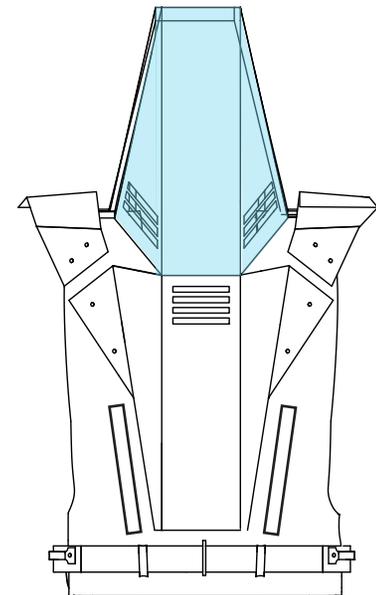
El armazón o protección de la cabeza tipo casco va conectado a la protección de la espalda. Todo el armazón es transparente sobre todo el de la cabeza ya que permite que el minero pueda ver su entorno y ver los peligros que se le presentan pero al mismo tiempo puede estar protegido.



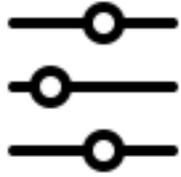
Vista lateral



Vista frontal

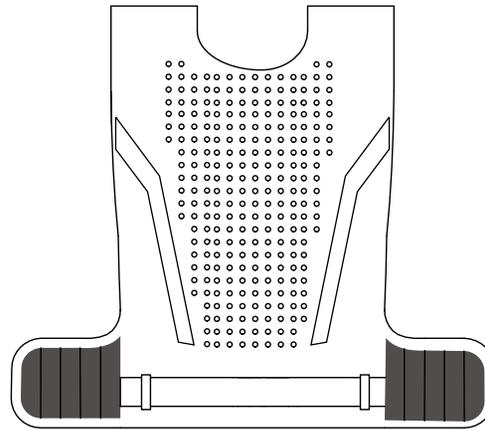


Vista posterior



Adaptación

La pechera tiene a la altura de los costados de la cadera, velcro para que el minero se lo pueda acomodar la pechera al su gusto.

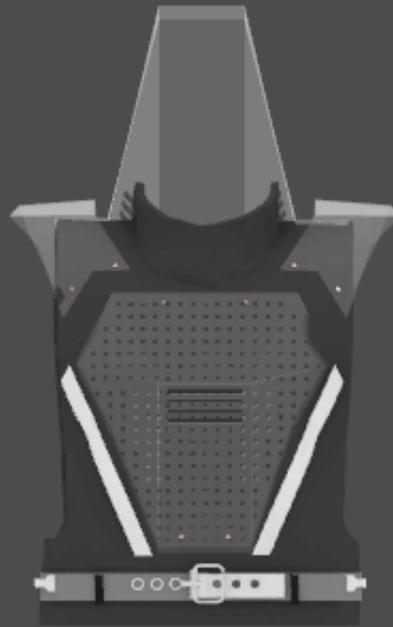


Vista posterior

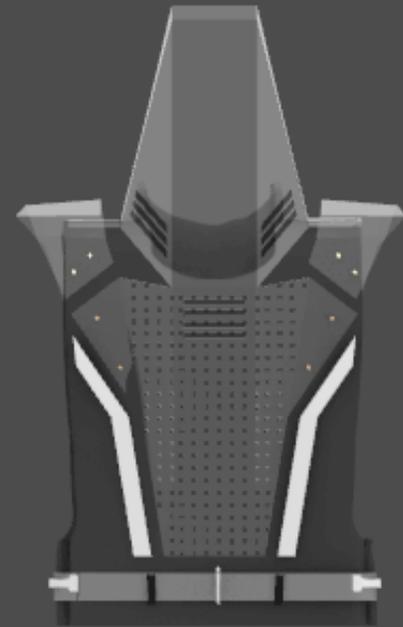
## 10.2 Propuesta formal



Vista lateral



Vista frontal



Vista posterior

# Forma primera capa acolchada



Vista lateral



Vista frontal

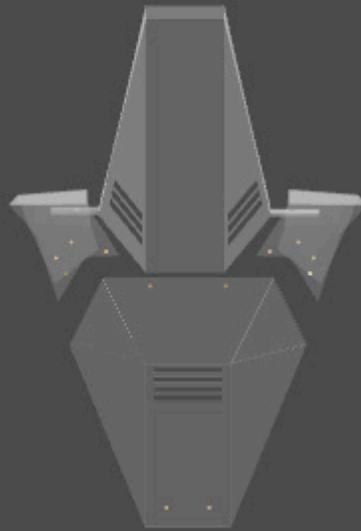


Vista posterior

# Forma armazón



Vista lateral

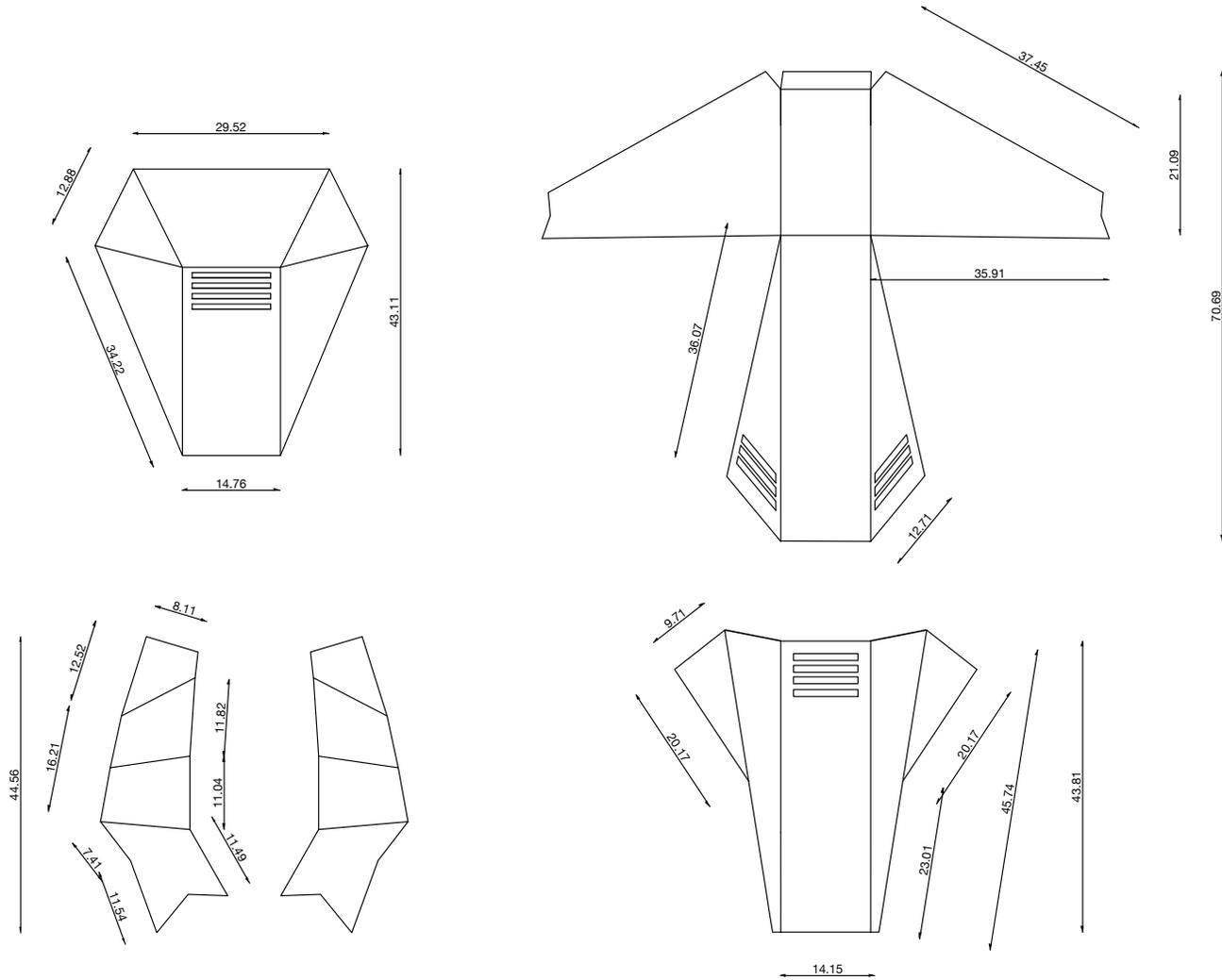


Vista frontal



Vista posterior

# Planos piezas



## Materialidad

Para construir este dispositivo de protección se eligió el material policarbonato antibalístico para hacer la segunda capa de armazón debido a sus características como: muy alta resistencia a los impactos, muy ligero, resistente como elemento protector además de la transparencia. Su finalidad sería proteger al minero del impacto de rocas pequeñas, medianas y proyectiles de rocas pequeñas.



Imagen 33

Para construir la primera capa de la pechera, se decidió usar dos tipos de tela, como una tela negra lisa y otra tela que permite la ventilación, Además el material acolchado que permite amortiguar los impactos es de goma eva de alta densidad debido a sus características como: Resistencia mecánica, antideslizante, amortiguador y flexibilidad



Imagen 34

## Termoformado

Para la futura fabricación de este dispositivo de seguridad, se pensó que se realizaría mediante el proceso de termoformado, debido a que es un proceso rápido y fácil de moldear gracias a que la forma del armazón o dispositivo, tiene formas triangulares fáciles de termoformar, sobre todo el cubre pecho y abdomen como el cubre espalda y cabeza.

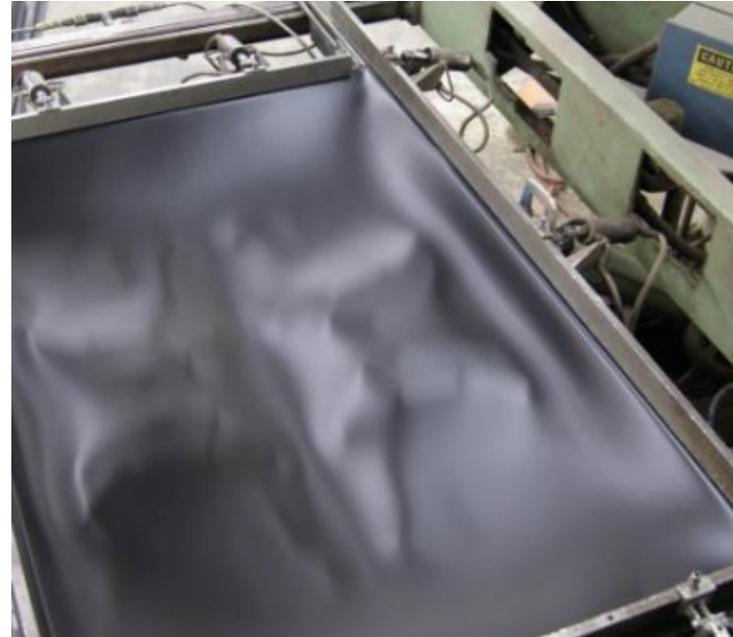


Imagen 35

Presupuesto

	1 unidad	1.000 un.
Ingreso por venta	\$ 168.869	\$ 168.869.000
Costo por venta	\$ 112.579	\$ 112.579.000
Matriz de fierro 1.5 mm	\$ 4.575	\$ 4.575.000
Policarbonato 2mm	\$ 80.990	\$ 80.990.000
Cinta reflectante	\$ 424	\$ 424.000
Goma Eva alta densidad 8 mm	\$ 14.990	\$ 14.990.000
Remaches	\$ 8.800	\$ 8.800.000
Tela lisa negra	\$ 2.000	\$ 2.000.000
Tela antitranspirante	\$ 800	\$ 800.000
Margen bruto	\$ 56.290	\$ 56.290.000

# 10.3 Proceso prototipado

## Paso 1

Se comenzó diseñando la primera capa acolchada con las medidas antropométricas de un hombre trabajador promedio de Chile ( 38 años y de 171 cm ).

Primero se hizo un molde con diario para luego calcarlo tanto en la espuma como en la tela, dejando un margen de 1 cm para la costura. También se cortó al medio tanto en la parte adelante como atrás para incorporar telas con agujeros para la ventilación del aire. Se agregó también un cuello.



## Paso 2

Como segunda etapa, se empezó a configurar la segunda capa, el armazón. Se prototipó con cartón de manera rápida con la idea de poder hacer formas con un lenguaje común con el propósito de tener una línea de diseño como también la funcionalidad de anular los rebotes de rocas hacia los puntos más sensibles del cuerpo (órganos vitales).



## Paso 3

En la tercera etapa, comienza la creación de matrices. La primera matriz que se hace es la del pecho, posteriormente las de los hombros para terminar con la matriz continua de la espalda con la cabeza.



## Paso 4

Una vez listas las matrices, se termoformó la forma del pecho y el resto de las piezas se les daba forma con pistola de color y prensas sujetando el material en la matriz. El material de las piezas que se ocupó fue acrílico de 2 mm.



## Paso 5

Por último se unieron las estructuras de acrílico con la pechera acolchada mediante remache.



# Fotos prototipo termiando



Vista lateral izquierda



Vista frontal



Vista lateral derecha



Vista posterior

# Fotos testeo



# 11

## Conclusión



A modo de conclusión general de este proyecto de título, puedo señalar que fue un proceso bastante beneficioso debido a que me abrió los ojos a la importancia que tiene el diseñador en la sociedad y cómo a través del diseño se pueden mejorar las calidades de vida de las personas.

El estudiar sobre un área que en un entonces era desconocida para mí como lo es la minería subterránea, me generó conocer realidades distintas y además, poder visitar un mina ( La tilde en el distrito de Chancón, Rancagua), me permitió valorar más a todos los mineros que arriesgan su vida para poder realizar su trabajo. Al ingresar a esa mina, consideré que el trabajo de minero es sumamente peligroso debido a que se tenía que poner atención a muchas variables como las rocas, el piso para no caerte, el agua y lodo por todos lados, los ruidos, la temperatura, generando-me una sensación de poca seguridad, de gran exposición además de vulnerabilidad, como también una gran admiración y respeto hacia los mineros de la pequeña minería por llevar a cabo su trabajo a pesar de todo esos factores.

Además al poder realizar esta visita en terreno y hablar con mineros, me di cuenta que muchas veces la información expuesta por internet es la que se quisiera como ideal o perfecta, no revelando el lado negativo de las cosas, pero la realidad es otra ya que ellos me comentaban desde su experiencia que algunos no se ponen completamente sus EPP, que a veces gozan de confianza para realizar las actividades exponiéndose sabiendo que su trabajo es arriesgado, que por costumbre y familiaridad con el trabajo no miden las consecuencias que podrían llegar a generar alguno de sus actos, llegando a la conclusión que es muy importante conocer en persona a los usuarios y el contexto o entorno en el que se desarrollan para saber cómo se comportan y adaptan.

Durante la investigación, no fue sencillo comprender cómo funcionaba una mina ni menos sus conceptos geológicos pero al momento de poder contactarme con gente entendida en el tema fue mucho más sencillo. Al desarrollar el proyecto, hubo múltiples dificultades sobre todo en los objetivos y enfoques que quería lograr pero una vez ya decidida, pude diseñar y probar variadas formas más consciente, siempre con una mirada fija en poder ayudar y proteger a estos mineros acuñadores que arriesgan constantemente sus vidas para la seguridad de otros.

# 12

## Bibliografía

Aguilar, Calderón, Guerra, Peralta, Soto, Soto, G. A. F. J. R. B. (2016, octubre). Instructivo acuñadura manual y mecanizada. <https://www.academia.edu/29647097/Acunadura>

Anuario de la minería de Chile 2020. (2021, junio). [https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario\\_de\\_%20la%20Mineria\\_de\\_Chile\\_2020\\_290621.pdf](https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario_de_%20la%20Mineria_de_Chile_2020_290621.pdf)

Clunes, J. (2006). Acuñadura manual y fortificación de minas subterráneas. Academia. Recuperado 2 de abril de 2022, de [https://www.academia.edu/11353395/ACU%C3%91ADURA\\_MANUAL\\_Y\\_FORTIFICACI%C3%93N\\_DE\\_MINAS\\_SUBTERR%C3%81NEAS](https://www.academia.edu/11353395/ACU%C3%91ADURA_MANUAL_Y_FORTIFICACI%C3%93N_DE_MINAS_SUBTERR%C3%81NEAS)

Codelco. (s. f.). Propiedades del cobre. Codelco educa. Recuperado 7 de julio de 2022, de <https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/propiedades.html>

Consejo Minero. (2019, 15 enero). Cobre en nuestras vidas. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://consejominero.cl/chile-pais-minero/aprende-de-mineria/cobre-en-nuestras-vidas/#:~:text=El%20cobre%20tiene%20un%20extenso,-fabricaci%C3%B3n%20de%20armamentos%2C%20entre%20otras.>

Consejo minero. (2021). La minería en números (Christel Lindhost ed.). <https://consejominero.cl/mineria-en-chile/mineria-en-numeros/>

Floraquita, A. (2014, 9 septiembre). Desatado de rocas. Slideshare. Recuperado 4 de abril de 2022, de <https://es.slideshare.net/aforaquita/curso-desatadorocasmineriasubterranea>

Galaz, J. (2020, mayo). Política Nacional Minera. Eje estratégico pequeña y mediana minería. Pequeña y mediana minería. [http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2021/03/Pequena\\_y\\_mediana\\_Mineria\\_PNM\\_2050.pdf](http://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2021/03/Pequena_y_mediana_Mineria_PNM_2050.pdf)

Gonzalo Aguilar, Axel Calderón, Fabiola Guerra, Joa! “Eral#A, Rodrigo So#O,B\$Ron So#O, G. (2016, octubre). Instructivo de acuñadura manual y mecanizada. <https://www.academia.edu/29647097/Acunadura>

Grupo antofagasta minerals. (2016, abril). Etapas del proceso productivo de una mina [Diapositivas]. Sonami. <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/04/01.-Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf>

Minería Chilena. (2022, 4 febrero). Accidentabilidad en Minería registra una disminución de 75% desde 2010 a 2021. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://www.mch.cl/2022/02/04/accidentabilidad-en-mineria-registra-una-disminucion-de-75-desde-2010-a-2021/#>

Mutual de seguridad. (s. f.). Manual de acuñadura (N.o 2045). <https://extension.cchc.cl/datafiles/7241-2.PDF>

Panorama minero. (2021, 8 julio). Mina subterránea para principiantes. Recuperado 7 de julio de 2022, de <https://panorama-minero.com/noticias/mineria-subterranea-para-principiantes/>

Portal Minero. (2013). Derrumbes en la minería. Recuperado 7 de julio de 2022, de <https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=75860475>

Reporte minero. (2020, 13 octubre). Tasa de fatalidad de la industria cayó 75% durante los últimos 10 años. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2020/10/tasa-de-fatalidad-de-la-industria-cayo-75-durante-los-ultimos-10-anos>

Rivera Y Aroca, N. P. (2013, 9 agosto). Escalas de producción en economías mineras. El caso de Chile en su dimensión regional. Scielo. Recuperado 5 de julio de 2022, de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-71612014000300012#t2](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612014000300012#t2)

Seguridad Minera. (2016, 21 agosto). Pernos de anclaje y factores que inciden en la caída de rocas. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/caida-de-rocas-en-mineria/#:~:text=Los%20cambios%20bruscos%20de%20temperatura,contribuyen%20a%20debilitar%20la%20roca.&text=Cuando%20las%20excavaciones%20llegan%20a,luego%20la%20ca%C3%ADda%20de%20rocas.>

Sernageomin. (2018, 22 junio). Campaña seguridad minera accidentes por caída de roca [Vídeo]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=JeWmBAxxJq4&ab\\_channel=SERNAGEOMIN](https://www.youtube.com/watch?v=JeWmBAxxJq4&ab_channel=SERNAGEOMIN)

Sernageomin. (2018, octubre). Guía no5 DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA FORTIFICACIÓN Y ACUÑADURA. <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/10/G5FortificacionAcunadura.pdf>

Sernageomin. (2021, abril). Estadística de accidentabilidad industria extractiva minera año 2020. [https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2021/04/Accidentabilidad\\_Minera\\_2020.pdf](https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2021/04/Accidentabilidad_Minera_2020.pdf)

SONAMI. (2012, 10 junio). Chile, país minero. Extrayendo lo mejor de nosotros. El mercurio. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/06/Chile-Pais-Minero-SONAMI-El-Mercurio.pdf>

Sonami, Ministerio de minería, Sernageomin, Enami. (2014, mayo). Guía de operación para la pequeña minería . Fortificación y Acuñadura. <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/7.fortificacion-acunadura.pdf>

Uriarte, J. M. (2020, 27 abril). Minería. Información y características. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://www.caracteristicas.co/mineria/#:~:text=Gran%20miner%C3%ADa%20o%20megaminer%C3%ADa,de%20minerales%2C%20generalmente%20para%20exportaci%C3%B3n>.



Imagen propia, salida a terreno Mina La Tilde



Imagen 37







