



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y DEL COMPORTAMIENTO
HUMANO**

Trabajo de fin de Especialización titulado:

**SELECCIÓN DE AUTORRESCATADOR MINERO PARA LAS
OPERACIONES DE MINERÍA SUBTERRÁNEA A GRAN ESCALA EN
ECUADOR**

Realizado por:

LUIS DANIEL ALVARADO GONZÁLEZ.

Director del proyecto:

JOSÉ LUIS SAÁ LOOR.

Como requisito para la obtención del título de:

ESPECIALISTA EN SEGURIDAD MINERA

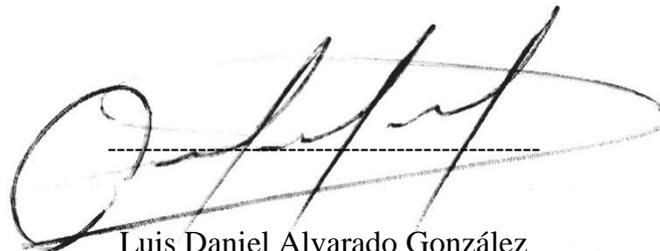
QUITO, Septiembre del 2021

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, LUIS DANIEL ALVARADO GONZÁLEZ, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1103845143, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Luis Daniel Alvarado González

C.I.: 1103845143

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



José Luis Saá Llor

Magister en Seguridad, Salud y Ambiente.

LOS PROFESORES INFORMANTES:

Byron Robespierre Andrade Haro

Francisco Xavier Hugo Cárdenas

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa

oral ante el tribunal examinador.



M.Sc. Byron Andrade



PhD. Francisco Hugo

Quito, 27 de septiembre de 2021

ÍNDICE

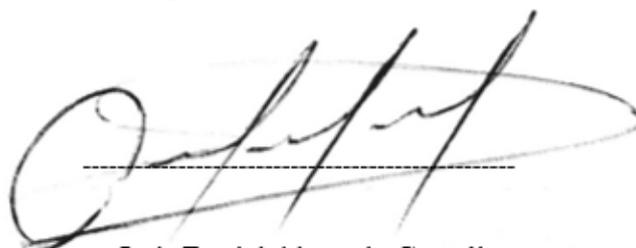
0	DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	7
1	RESUMEN / ABSTRACT.....	8
2	INTRODUCCIÓN	10
3	OBJETIVOS.....	12
3.1	OBJETIVO GENERAL	12
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4	ANTECEDENTES	13
4.1	Análisis al Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero en relación a los equipos de protección personal para minería subterránea. Legislación ecuatoriana.	15
4.2	Análisis al Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. Decreto 1886 de 2015. Legislación colombiana.	16
4.3	Análisis al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. D.S. N° 024-2016-EM. Legislación peruana.....	18
4.4	Análisis del Reglamento de Seguridad Minera. Decreto Supremo N° 132 Legislación chilena.	19
5	METODOLOGÍA.....	21
5.1	Análisis técnico de los diferentes tipos de autorrescatadores	23
5.1.1	Autorrescatadores de circuito cerrado de oxígeno comprimido	23
5.1.2	Autorrescatadores de circuito cerrado de generación química de oxígeno.....	25
5.1.3	Autorrescatadores de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono	26
5.2	Análisis comparativo de normativa relacionada	28
6	RESULTADOS	30
7	CONCLUSIONES	33
8	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	35
9	BIBLIOGRAFÍA.....	37
10	ANEXOS.....	37

10.1	Anexo 1. Ficha técnica de autorescatador EBA 6.5 OCENCO	37
10.2	Anexo 2. Ficha técnica de autorescatador M-20 OCENCO	38
10.3	Anexo 3. Ficha técnica de autorescatador OXY 6000 MK III DRAGÜER .	39
10.4	Anexo 4. Ficha técnica de autorescatador SavOx MSA.....	40
10.5	Anexo 5. Ficha técnica de autorescatador W-65 MSA	41
10.6	Anexo 6. Ficha técnica de autorescatador SAFE 1STEELPRO	42
10.7	Anexo 7. Infografía de colocación de autorescatador	43

0 DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Luis Daniel Alvarado González

C.I.: 1103845143

1 RESUMEN / ABSTRACT.

Resumen.

La industria minera en el país presenta grandes desafíos en relación con la seguridad de los trabajadores. El uso del Equipo de Protección Personal (EPP) debe ser analizado a profundidad con el fin de garantizar que en el momento de su uso, brinde la mayor capacidad de protección para el que fue creado. En la actualidad, en Ecuador se tiene solo una operación minera subterránea a gran escala en etapa de producción, y adicional algunos proyectos se encuentran en etapa de factibilidad, lo que conlleva a que se realicen los estudios necesarios para la correcta selección del EPP especializado, como es el caso del autorrescatador minero.

Según los protocolos generales de evacuación durante un incendio subterráneo, se debe evacuar el área con destino hacia superficie o al punto seguro más cercano (refugio minero). Durante dicha evacuación, y, ante la presencia de humo en la ruta de evacuación, se debe utilizar el autorescatador (el cual, de forma general es el de catalizador de monóxido de carbono de circuito abierto) para atravesar esta área y conseguir evacuar hacia superficie o hacia un refugio minero. El uso de este tipo de autorrescatadores presenta limitantes críticos, como: necesitar al menos un 19,5 % de oxígeno en el ambiente para su correcto funcionamiento, no ofrece protección contra otros gases tóxicos que podrían estar presentes y un porcentaje no mayor a 1% de monóxido de carbono (10000 ppm). En tal virtud se realizará un estudio comparativo de los principales equipos de autorescate disponibles en el mercado ecuatoriano, así como de la legislación local específica en el tema y su comparativo con legislación internacional.

Palabras clave: autorescatador, catalizador de monóxido, minería subterránea, generación química de oxígeno, incendio subterráneo.

Abstract.

Mining Industry in the country presents significant challenges in terms of workers' safety. Using the Personal Protective Equipment (PPE) must be deeply analyzed to ensure it provides the greater protection capacity for which it was created, when using it. Nowadays, in Ecuador, there is only one big scale Underground Mine in Operation, and some other projects are at a feasibility stage, leading to complete the necessary studies to correctly choose specialized PPE, such as the mining self-rescuer.

As per the general evacuation protocols during an underground fire, workers must evacuate the area and go either to Surface or to the closest safe point (mine refuge chamber). While evacuating and due to the existence of fume in the evacuation route, a self-rescuer must be used (normally the open-circuit carbon monoxide catalyst) to pass by this area and to be able to evacuate to surface or to a mining refuge chamber. This type of self-rescuers presents some critical constraints such as the need of at least 19.5% oxygen in the environment for its correct operation, it does not protect against other toxic gases that might be present and to a percentage greater than 1% carbon monoxide (10000 ppm). Therefore, a comparative study of the main self-rescuer equipment available in the Ecuadorian market will be undertaken, then the local specific regulation about this topic will be analyzed to finally compare it to the international regulation.

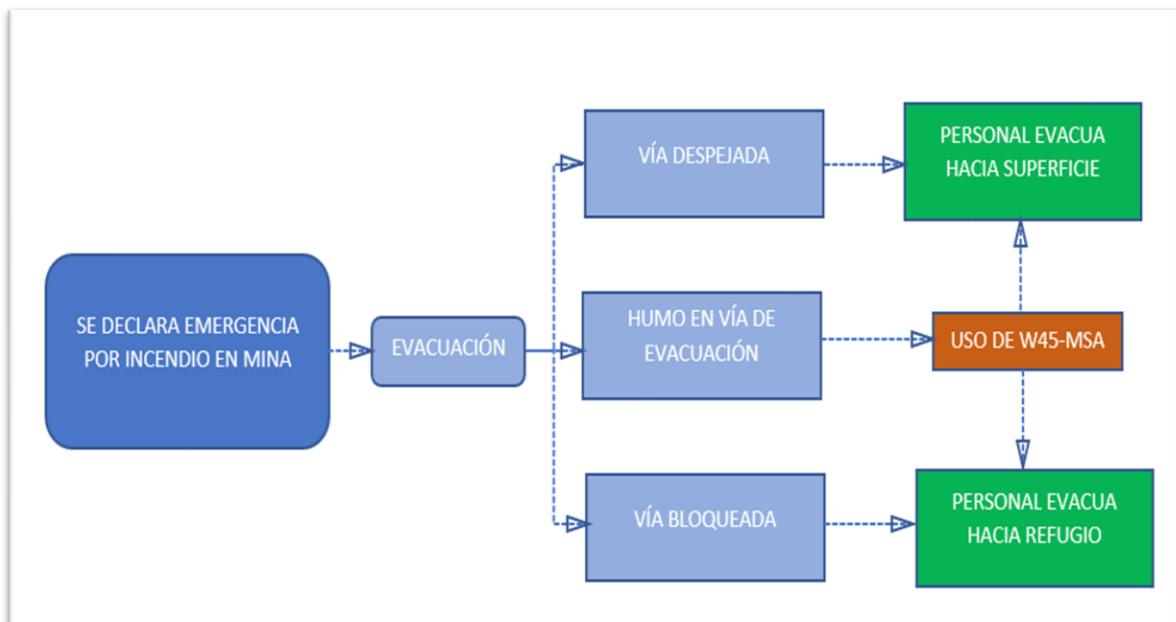
Key words: *self-rescuer, monoxide catalyst, Underground Mining, oxygen chemical generation, Underground fire*

2 INTRODUCCIÓN.

Las operaciones mineras subterráneas a gran escala se caracterizan por que su infraestructura subterránea consta de al menos dos accesos principales denominadas rampas de acceso, las cuales pueden ser ascendentes como descendentes, de igual forma tenemos las rampas internas, cámaras de producción, By-Pass de ventilación, chimeneas de ventilación y chimeneas de escape, bahías de carga. Al exterior como al interior de la mina se encuentran facilidades (agua, aire, energía eléctrica, comunicaciones) que permiten proveer los servicios generales básicos para el funcionamiento de la mina como tal y los desarrollos de mina. Se mantiene un flujo permanente de vehículos y maquinaria, tanto para el ingreso de personal, como transporte de materiales y equipos. El interior de la mina se mantienen facilidades como cruces entre túneles, compuertas de acceso, estaciones de bombeo de agua, subestaciones eléctricas, bodegas de materiales, refugios mineros móviles, estaciones de emergencia. Dada esta interacción permanente entre personal, equipos, maquinaria y materiales, el riesgo de incendio, aunque desde el punto de vista de probabilidad es poco probable, desde el punto de vista de severidad podría ser catastrófico (existen diferentes métodos para la evaluación de riesgo de incendio: Herpol, Meseri, Gustav Purt, Gretener, E.R.I.C. y F.R.A.M.E. entre otros, la elección dependerá del técnico de seguridad).

Ante la ocurrencia de un incendio subterráneo, el Procedimiento de Evacuación de Mina subterránea por incendio (Gráfico 1) establece que el personal deberá evacuar la mina hacia superficie, y de no ser posible, hacia uno de los refugios mineros ubicados en el interior de mina. Durante la evacuación y al encontrarse con la presencia de humo producto del incendio, el personal deberá utilizar los autorrescatadores de catalizador de monóxido de carbono de circuito abierto. En el desarrollo de esta investigación identificaremos si este equipo es el adecuado, las diferentes opciones en el mercado y la legislación correspondiente.

Gráfico 1. Flujograma de evacuación en mina subterránea (ejemplo)



Creado por Autor. Fuente: Propia.

3 OBJETIVOS.

Durante la presente investigación se ha planteado un objetivo general y cuatro objetivos específicos.

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Identificar los tipos de autorrescatadores existentes en el mercado ecuatoriano (de circuito abierto y circuito cerrado) para la correcta selección en las operaciones mineras subterráneas a gran escala.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Describir las especificaciones técnicas de los autorrescatadores de circuito cerrado de oxígeno comprimido.
- Describir las especificaciones técnicas de los autorrescatadores de circuito cerrado de generación química de oxígeno.
- Describir las especificaciones técnicas de los autorrescatadores de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono.
- Identificar los factores claves para la selección de autorrescatadores en operaciones mineras subterráneas.

4 ANTECEDENTES.

La ley minera en Ecuador estipula cuatro clases de minería, según las capacidades de producción:

- Artesanal o de subsistencia. Minerales metálicos: hasta 10 toneladas en minería subterránea y 120 metros cúbicos en minería aluvial. Minerales no metálicos hasta 50 toneladas por día. En materiales de construcción, hasta 100 metros cúbicos en minería aluvial y 50 toneladas en minería a cielo abierto.
- Pequeña minería. Minerales metálicos: entre 10 hasta 300 toneladas en minería subterránea, 1000 toneladas en minería a cielo abierto y 1500 metros cúbicos en minería aluvial, por día. Minerales no metálicos hasta 1000 toneladas por día. En materiales de construcción, hasta 800 metros cúbicos en minería de terrazas aluvial y 500 toneladas en cantera.
- Mediana minería. Minerales metálicos: entre 301 a 1000 toneladas en minería subterránea, entre 1001 y 2000 toneladas en minería a cielo abierto y 1501 hasta 3000 metros cúbicos en minería aluvial, por día. Minerales no metálicos hasta 1001 a 3000 toneladas por día. En materiales de construcción, desde 801 hasta 2000 metros cúbicos en minería de terrazas aluvial y de 501 a 1000 toneladas en cantera.
- Minería a gran escala. La que supera los máximos establecidos para la mediana minería (Asamblea Nacional, 2009).

Esta clasificación está dada en base al nivel de producción diaria de la mina. De igual forma se establece que la minería subterránea es aquella que desarrolla sus actividades al interior de la tierra, mediante túneles, verticales u horizontales, con niveles de trabajo y con rampas que unen los diferentes niveles entre sí.

En Ecuador, hasta antes del inicio de la etapa de explotación de la minería subterránea a gran escala, en el año 2019, se encontraba en vigencia el Reglamento de Seguridad y Salud en Trabajo en el Ámbito Minero del 16 de mayo de 2014, el cual no tenía mayores especificaciones sobre el EPP que el titular de derechos mineros debía proveer al trabajador de minería subterránea. Ya en el año 2020 la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNR) aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ambiente Minero. En este nuevo reglamento tampoco se profundiza en el tema de la protección que deberá el titular minero proveer al trabajador, y no se estipula nada con respecto al autorescatador, al cual lo podemos definir en pocas palabras como un equipo especial que se debe

emplear en caso de un incendio subterráneo y que permite al trabajador poder atravesar un área con presencia de humo.

Al no tener estipulación sobre este equipo de emergencia, las empresas del sector han provisto autorescatadores a su personal en base al criterio técnico de sus áreas operativas, de seguridad, e incluso a la experiencia que su personal podría tener. La mayoría de empresas del sector de igual forma toma como referencia prácticas internacionales consideradas como aceptables.

A continuación se identifica lo que establece la normativa ecuatoriana, colombiana, peruana y chilena sobre el uso de EPP para minería subterránea.

4.1 Análisis al Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero en relación con los equipos de protección personal para minería subterránea. Legislación ecuatoriana.

La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) a través de su Directorio, expidió el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero -RSSTAM-. Este documento incluye prácticas que son aceptadas internacionalmente para garantizar condiciones de seguridad y salud en la minería. Este documento se publicó el 27 de noviembre de 2020 en el Registro Oficial, y será de aplicación obligatoria para los titulares de derechos mineros, en todos los regímenes especiales de minería.

Esta normativa expedida por la ARCERNNR determina que los titulares de derechos mineros deberán implementar de forma permanente el servicio de seguridad y salud en el trabajo según lo que se estipula en el artículo 6, literal c, y son de obligatorio cumplimiento en todas las fases del proceso minero.

El RSSTAM, en el artículo 6, sobre las obligaciones de los titulares mineros, en el literal “K”, expresa:

“Suministrar a sus trabajadores en forma completamente gratuita, la ropa de trabajo en cantidad y calidad óptimas, junto con el equipo de protección personal homologado y certificado, en función de los riesgos asociados a cada puesto de trabajo” (ARCERNNR, 2020).

Este literal no realiza una especificación sobre el EPP, y solo refiere a que el mismo sea homologado y certificado, haciendo referencia a que se determinará el mismo en base al análisis de riesgos por puestos de trabajo. Este análisis estará realizado por la parte operativa (dueño del proceso) y con soporte del personal técnico en SST.

Complementario a estos puntos, el artículo 42 de este reglamento establece que se deberá contar con mapas de evacuación y recursos, los cuales deberán estar disponibles y visibles en el área, y donde se identifiquen los riesgos, así como los sistemas de prevención establecidos. El artículo 69 también nos refiere de los sobre la obligatoriedad de contar con un plan de respuesta a emergencias y evacuación; adicional, para minería subterránea, se necesita estaciones de supervivencia (refugio) con una autonomía de al menos 48 horas y con los implementos básicos de primeros auxilios, alimentación y agua potable, sistema de comunicación y equipos de autocontenido.

Se puede identificar con base a los artículos anteriormente citados que, se establece un marco general para la respuesta a emergencias, puntualmente para lo que se refiere a

emergencias subterráneas, pero para la identificación de las características de los EPP, es fundamental el análisis de riesgos para la selección de los mismos.

4.2 Análisis al Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. Decreto 1886 de 2015. Legislación colombiana.

De la legislación colombiana, la cual ya tiene algunos años de avance en relación con la regulación de las actividades mineras, se toma como base un Decreto y dos Resoluciones que identifican de mejor forma el uso de autorescatadores, así como sus especificaciones y certificaciones, esto en base a los estudios técnicos y la experiencia en la industria minera, la cual lleva décadas desarrollándose en ese país.

El Decreto 1886 de 2015, publicado en el Diario Oficial No. 49.642 del 21 de septiembre de 2015, y expedido por el Ministerio de Minas y Energía (Colombia), establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas -RSLMS-, el cual, en su artículo 23 nos manifiesta lo relacionado a las obligaciones del titular minero sobre la provisión del EPP.

Artículo 23. Selección, suministro y mantenimiento de los elementos y equipos de protección personal. El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador están en la obligación de seleccionar, proporcionar, reemplazar y garantizar el mantenimiento de los elementos y equipos de protección personal, sin costo alguno para el trabajador, de acuerdo con los peligros identificados en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG - SST) y las recomendaciones del fabricante; igualmente debe supervisar el uso correcto por parte de los trabajadores...

Parágrafo 1°. Dentro de los elementos y equipos de protección personal, el titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero, proporcionará obligatoriamente auto-rescatadores al personal que ingrese a las labores mineras subterráneas (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

En virtud de lo mencionado en el inciso segundo, la ANM emitió la Resolución 368 de 2016, donde se establecen ya los parámetros para los autorescatadores. La Resolución 958 de 2016, expedida por el ANM, establece algunas reformas en las características técnicas básicas que los autorrescatadores, así como los parámetros que la autoridad minera deberá verificar.

A continuación se especifica las características técnicas que establece la Resolución 368 de 2016 con respecto a los autorescatadores:

“Artículo 2°. Modificar el artículo cuarto de la Resolución número 368 del 26 de mayo de 2016, el cual quedará así:

Artículo 4°. Características técnicas. Los equipos autorrescatadores deben como mínimo cumplir con las siguientes características técnicas:

1. El equipo debe proteger individualmente las vías respiratorias del usuario.
2. La temperatura de inhalación del equipo autorrescatador en funcionamiento no debe superar los 60 °C, lo cual protege las vías respiratorias de temperaturas altas.
3. El equipo debe permitir escapar de atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno.
4. El equipo debe proveer una autonomía mínima de 30 minutos en actividad a una tasa de flujo de 35l/min.
5. Debe ser un autorrescatador de oxígeno de circuito cerrado, es decir debe operar al 100% sin necesidad del ambiente externo.
6. El equipo debe contar en su interior con elementos de protección visual contra polvo, gases irritantes y vapores producto de la emergencia, para ser utilizados cuando se requiera el uso.
7. De activación e iniciación automática.
8. De fácil disponibilidad y uso.
9. Portátil.
10. Debe ser un equipo debidamente certificado como equipo de protección respiratoria para escape en atmósferas tóxicas o con deficiencia de oxígeno en labores mineras subterráneas y certificadas en normas para operar en atmósferas con gases explosivos y polvo de carbón. La certificación debe ser aportada por el fabricante del equipo o por el proveedor del mismo.
11. El equipo en conjunto debe ser antiestático y de resistencia al choque.
12. Debe poseer dispositivo y/o indicador que le permita al usuario de manera inmediata determinar el buen estado del equipo.

13. Deber ser libre de mantenimiento y/o pruebas (Agencia Nacional de Minería, 2016).

Según lo expuesto, se observa que el numeral 5 especifica que el autorescatador **debe ser de generación de oxígeno de circuito cerrado**. En el desarrollo de la investigación se identificará los beneficios que presentan estos autorescatadores en comparación con los autorescatadores de filtros de monóxido de carbono CO.

4.3 Análisis al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. D.S. N° 024-2016-EM. Legislación peruana.

La legislación peruana, en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería -RSSOM-, en el capítulo segundo, relacionado a las obligaciones de los titulares de actividades mineras establece:

ART. 26.- Son obligaciones generales del titular de actividad minera:

g) Proporcionar y mantener, sin costo alguno, para todos los trabajadores, equipos de protección personal de acuerdo a la naturaleza de la tarea asignada a cada uno de ellos.

ART. 81.- Queda terminantemente prohibido el ingreso de trabajadores a las instalaciones de la unidad minera y efectuar trabajos de la actividad minera o conexas que representen riesgo para su integridad física y salud sin tener en uso sus dispositivos y EPP que cuenten con sus especificaciones técnicas y certificados de calidad.

ART. 255.- En toda mina subterránea, donde se utilicen explosivos y equipos con motores petroleros, el titular de actividad minera debe proveer a sus trabajadores el respirador de auto rescate para su protección contra gases de monóxido de carbono, en función a la evaluación de riesgo de los trabajos a realizarse.

Estos respiradores son utilizados por los trabajadores sólo en casos de emergencia individual o colectiva cuando estos gases pongan en riesgo inminente su vida, para salir de la mina o para ubicarse en una zona de aire fresco. Estos respiradores deben estar fabricados para una protección mínima de treinta (30) minutos (Ministerio de Energía y Minas, 2016).

En este articulado se identifica la obligatoriedad de que el titular de actividades mineras provea de EPP específico para los trabajos, basado en el análisis de riesgo de las tareas

asignadas. De forma específica, proveerá autorescatadores de filtro de monóxido de carbono para tareas donde estén presente motores de combustión y/o se utilice explosivos. Estos autorescatadores se utilizarán únicamente para emergencias donde el monóxido de carbono ponga en riesgo su integridad. De igual forma establece ya un parámetro específico de selección de estos equipos; protección de 30 minutos como mínimo.

Adicional, el anexo 19 de esta norma habla de los requisitos de seguridad mínimos que deberán contener las estaciones de emergencia (refugios) y manifiesta que se deberá tener autorescatadores en cantidad acorde al aforo de dicho refugio.

4.4 Análisis del Reglamento de Seguridad Minera. Decreto Supremo N° 132. Legislación chilena.

El Reglamento de Seguridad Minera -RSM- chilena, emitido mediante Decreto Supremo 132, y publicado en D.O. de 2004, establece en su articulado lineamientos generales en relación con el tema de investigación. El artículo 32 refiere la obligatoriedad de la empresa minera de proveer de forma gratuita los EPP necesarios, basados en los estudios de riesgos ocupacionales por puestos de trabajo y estos EPP deberán ser certificados por una entidad competente (Ministerio de Minería, 2004).

El artículo 100 de esta norma hace referencia a la obligación de proveer, en los refugios mineros, de autorescatadores, en cantidad necesaria para cubrir el número de trabajadores del área.

Artículo 32. Será deber de la Empresa Minera, proporcionar en forma gratuita a sus trabajadores los elementos de protección personal adecuados a la función que desempeñen, debidamente certificados por un organismo competente.

Artículo 100. Toda mina dispondrá de refugios en su interior, los que deberán estar provistos de los elementos indispensables que garanticen la sobrevivencia de las personas afectadas por algún siniestro, por un período mínimo de cuarenta y ocho (48) horas.

Estos refugios deberán estar dotados como mínimo de los siguientes elementos:

a) Equipos autorrescatadores, en un número relacionado con la cantidad de personas que desarrollan su actividad en el entorno del refugio (Ministerio de Minería, 2004).

De este articulado se puede identificar que no existe una especificación en cuanto al tipo de autorescatador que se debe proveer, ni una especificación en cuanto a sus características técnicas. La provisión de equipos dependerá del análisis de riesgos por puesto de trabajo que se realice por parte del personal técnico de Seguridad.

5 METODOLOGÍA.

En la presente investigación se realiza un análisis descriptivo de las principales características técnicas de dos de los diferentes tipos de autorrescatadores de cada categoría existentes en el mercado local, identificando sus peculiaridades principales, así como los puntos que consideramos negativos para su selección como EPP para las operaciones mineras subterráneas a gran escala en el país.

Previo a este análisis se considera la información necesaria sobre el riesgo de incendio al interior de mina.

Las causas de un incendio subterráneo podrían ser muy diversas: cortocircuito de equipos e instalaciones eléctricas, uso de equipos de soldadura, uso de explosivos, colisión de vehículos, ignición de gases y vapores, incendios provocados, combustión espontánea de sulfuros, chispas generadas por fricción en equipos, combustible abandonado en ciertos lugares de la mina, explosión de contenedores de gases comprimidos, por mencionar los principales. Consecuencia de un incendio tendremos 4 productos principales, resultantes de la combustión: humo, llama, calor y gases. De estos, solo dos podrán ser percibidos por el personal que no está en el área donde se produce el incendio, estos son humo y gases.

El humo está compuesto por una suspensión de partículas líquidas y sólidas (0.005 y 0.01 milimicras) en el aire. Estos se pueden propagar fácilmente por la mina con ayuda del sistema de ventilación. Los efectos principales pueden ser: irritación sobre mucosas, lagrimeo, reducción del campo visión (lo que dificulta la evacuación).

Los procedimientos de evacuación de mina subterránea por incendio establecen que ante la presencia de humo, el trabajador deberá usar su autorrescatador de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono y solo se podrá retirar el equipo una vez que se llegue a superficie o al refugio minero. Para el uso del autorrescatador de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono debe tener “condiciones ideales” con respecto al porcentaje de oxígeno presente en la atmósfera de la mina subterránea (no menor a 19,5 %), sin presencia de gases tóxicos, y un porcentaje no mayor a 1 % de CO (10000 PPM).

El porcentaje de oxígeno durante un incendio podrá disminuir por dos factores, la combustión y la ventilación. La combustión consumirá el oxígeno hasta el límite inferior de ignición (LII), momento en el cual la cantidad de oxígeno ya no reacciona con el combustible. La insuficiencia de oxígeno causará asfixia. En caso de mantener una adecuada ventilación, el fuego seguirá consumiendo el combustible y esparciendo el humo en la mina. El tipo y cantidad de los gases dependerá de los elementos presentes

durante la combustión. Los gases podrán ser del tipo tóxicos y tener diferentes secuelas en las personas que los inspiran. Los gases pueden causar más del 80 % de las víctimas provocados por los incendios.

En este sentido existen tres tipos de gases: asfixiantes, irritantes, tóxicos, y los efectos que se pueden presentar dependerá de la cantidad inhalada y de las condiciones fisiológicas del afectado.

Entre los principales gases resultantes de la combustión se destaca:

Tabla 1. Principales gases producto de combustión

GAS	CARACTERÍSTICAS	TLV - THRESHOLD LIMIT VALUE
CO Monóxido de carbono.	Gas asfixiante, incoloro, inodoro e insípido	25 ppm
CO ₂ Dióxido de carbono.	Gas asfixiante, ignifugo, inodoro e incoloro	5000 ppm
COCl ₂ Cloruro de carbonilo (gas fosgeno).	Gas tóxico, incoloro, insípido y con olor a pasto mojado	0,1 ppm
H ₂ S Sulfuro de hidrógeno.	Gas incoloro, inflamable, de olor sulfuroso, sabor dulce	1 ppm
SO ₂ Anhídrido sulfuroso.	Gas tóxico, incoloro, olor acre	0,25 ppm
NH ₃ Amoniaco.	Gas tóxico, incoloro, olor penetrante y desagradable	25 ppm
NO ₂ Dióxido de nitrógeno.	Gas tóxico, color rojizo, no inflamable	0,2 ppm

Creada por Autor. Fuente: TLV obtenidos de www.ilo.org

Aunque no se ha tenido antecedentes de incendios en mina subterránea metálica en Ecuador, se refiere información de eventos ocurridos en otras minas, como por ejemplo el suscitado en la Mina Sunshine, en Kellogg, Idaho en 1972, donde fallecieron 91 trabajadores y donde se presentaron parámetros como: mediciones de aire encontraron concentraciones de Oxígeno <5% de y CO > 30000 ppm; autopsias determinaron que la mayoría murió en 40 a 60 segundos de exposición a estos valores en la atmósfera; los sobrevivientes tenían quemaduras de 2do y 3er grado en sus bocas, por aumento del porcentaje de CO en la atmósfera lo que aumenta la temperatura del CO₂ producido en el autorrescatador.

Con estos antecedentes planteados, se realiza el análisis técnico de los tipos de autorescatadores, donde se toma como referencia 2 equipos de cada categoría y finalmente se hace el comparativo total de los equipos.

5.1 Análisis técnico de los diferentes tipos de autorrescatadores.

Los autorrescatadores se agrupan en 2 categorías, de circuito cerrado y de circuito abierto; y para los efectos de este análisis se identifican según sus características operativas:

- Autorescatadores de circuito cerrado de oxígeno comprimido.
- Autorescatadores de circuito cerrado de generación química de oxígeno.
- Autorescatadores de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono.

5.1.1 Autorrescatadores de circuito cerrado de oxígeno comprimido.

Los autorescatadores de circuito cerrado de oxígeno son equipos de emergencia que usan oxígeno comprimido como fuente. Estos equipos tienen como característica principal que utilizan oxígeno comprimido, en lugar de las soluciones de respiración basadas en productos químicos, lo que permite una vida útil prolongada del producto ya que estas unidades pueden repararse y restaurarse después de su uso, esto brinda al usuario la seguridad de 15 años de vida útil según su ficha técnica. Este equipo absorbe el dióxido de carbono exhalado durante la respiración a través del absorbente interno de hidróxido de calcio. El oxígeno remanente y el que sale del reductor desde la botella entran en la bolsa de respiración y son inhalados en el cuerpo humano a través del conducto respiratorio.

A continuación se presentan las características técnicas principales de dos equipos de esta categoría (Tabla 2), para lo cual se toma como referencia al EBA 6.5 y el M-20 de OCENCO (Fotografía 1).

Fotografía 1. Equipos de autorrescate EBA 6.5 y M-20 de OCENCO.



Diseño de Autor. Fuente: www.ocenco.com

Tabla 2. Características técnicas de autorrescatadores de oxígeno comprimido.

PARÁMETROS / EQUIPOS	EBA 6.5	M-20
APROBACIONES	MSHA/NIOSH	MSHA/NIOSH
FUENTE DE OXÍGENO	OXÍGENO COMPRIMIDO	OXÍGENO COMPRIMIDO
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON O <19.5%	SÍ	SÍ
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON GASES TÓXICOS	SÍ	SÍ
DURACIÓN DE USO CONSTANTE	110 MINUTOS	10-15 MINUTOS
DURACIÓN EN REPOSO	8 HORAS	32 MINUTOS
ACTIVACIÓN	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR
TIEMPO DE COLOCACIÓN	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	8 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)
PINZA NASAL	SÍ	SÍ
PROTECCIÓN OCULAR	SÍ	NO
PESO	4.17 Kg.	1.5 Kg.
DIMENSIONES	21,6X30X11.4 cm.	18,3X16,5X7,9 cm.
TEMPERATURA DE ALMACENAJE	-12°C a 60°C	-12°C a 60°C
LITROS DE OXÍGENO	157 LITROS	27 LITROS
REUTILIZABLE/RECARGABLE	SÍ	SÍ
VIDA ÚTIL (NIOSH)	15 AÑOS	15 AÑOS
PRESIÓN DE CILINDRO	3000 PSI	3850 PSI
TIPO DE INSPECCIÓN	VISUAL DE MANÓMETRO	VISUAL DE MANÓMETRO

Creada por Autor. Fuente: manuales de equipos.

5.1.2 Autorrescatadores de circuito cerrado de generación química de oxígeno.

Estos equipos están diseñados para brindar protección al sistema respiratorio del trabajador durante la evacuación del área con presencia de gases contaminantes y en donde la concentración de oxígeno sea inferior al límite permisible.

Son equipos respiratorios de circuito cerrado que generan oxígeno mediante la reacción del Peróxido de Potasio KO_2 ante un flujo de aire exhalado ($CO_2 + KO_2 = O_2 + K_2CO_3$), el KO_2 libera oxígeno y absorbe dióxido de carbono, antes de ser inhalado por el trabajador. Son equipos de escape tipo "K". La designación "K" es para equipos de escape de oxígeno químico a base de KO_2 . Son equipos descartables. Para este análisis (Tabla 3) tomaremos como muestra los equipos OXY 6000 MK III de DRÄGER y el SavOx de MSA (Fotografía 2).

Fotografía 2. Equipos de autorrescate Oxy 6000 MK III de Dräger y SavOx de MSA



Diseño de Autor. Fuente: www.dräger.com; www.msasafety.com

Tabla 3. Características técnicas de autorrescatadores de generación química de oxígeno.

PARÁMETROS / EQUIPOS	OXY 6000 MK III DRÄGER	SavOx MSA
APROBACIONES	DIN EN 13 794	EN 401, Clase K 30 S.
FUENTE DE OXÍGENO	CARTUCHO DE KO ₂	CARTUCHO DE KO ₂
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON O ₂ <19.5%	SÍ	SÍ
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON GASES TÓXICOS	SÍ	SÍ
DURACIÓN DE USO CONSTANTE	60 MINUTOS	30 MINUTOS
DURACIÓN EN REPOSO	NA	NA
ACTIVACIÓN	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR
TIEMPO DE COLOCACIÓN	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)
PINZA NASAL	SÍ	SÍ
PROTECCIÓN OCULAR	SÍ	SÍ
PESO	3,5 Kg.	2.5 Kg.
DIMENSIONES	24,6X21,3X12,5 cm.	22X16X11 cm.
TEMPERATURA DE ALMACENAJE	-30°C a 60°C	
LITROS DE OXÍGENO	NA	NA
REUTILIZABLE/RECARGABLE	NO	NO
VIDA ÚTIL (NIOSH)	10 AÑOS	10 AÑOS
PRESIÓN DE CILINDRO	NA	NA
TIPO DE INSPECCIÓN	VISUAL DE PANTALLA "SAFETY EYE"	VISUAL DE INDICADOR

Creada por Autor. Fuente: manuales de equipos.

5.1.3 Autorrescatadores de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono.

Estos equipos brindan protección contra la presencia de monóxido de carbono CO en la atmósfera, resultante de un incendio en mina. La protección que ofrecen estos filtros contra el monóxido de carbono es producida por un catalizador de Hopcalita (mezcla de óxidos de cobre y manganeso) que convierten el CO en CO₂ respirable. Son equipos de un solo uso (descartables).

Cabe resaltar que estos equipos (Tabla 4) son totalmente dependientes de la atmosfera presente al interior de la mina, y NO deberán ser utilizados en una atmosfera que contenga menos de 19,5 % de oxígeno, cuando exista presencia de otros gases tóxicos, en niveles mayores a 1 % de monóxido de carbono (10000 PPM).

Los equipos seleccionados para este análisis son el W65 de MSA y el SAFE 1+ de STEELPRO (Fotografía 3).

Fotografía 3. Equipos de autorrescate W65 de MSA y Safe 1 de STEELPRO.



Diseño de Autor. Fuente: www.msasafety.com; www.steelprosafety.com

Tabla 4. Características técnicas de autorescatadores de catalizador de monóxido de carbono.

PARÁMETROS / EQUIPOS	W-65 MSA	SAFE 1+ STEELPRO
APROBACIONES	MSHA / NIOSH	UNE - EN 404:2005.
FUENTE DE OXÍGENO	NA	NA
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON O <19.5%	NO	NO
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON GASES TÓXICOS	NO	NO
DURACIÓN DE USO CONSTANTE	60 MINUTOS	60 MINUTOS
DURACIÓN EN REPOSO	NA	NA
ACTIVACIÓN	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR
TIEMPO DE COLOCACIÓN	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)
PINZA NASAL	SÍ	SÍ
PROTECCIÓN OCULAR	NO	NO
PESO	1 Kg.	1 Kg.
DIMENSIONES	10X9X12 cm.	10X9,3X13,3 cm.
TEMPERATURA DE ALMACENAJE		5°C a 35°C
LITROS DE OXÍGENO	NA	NA
REUTILIZABLE/RECARGABLE	NO	NO
VIDA ÚTIL (NIOSH)	15 AÑOS	5 AÑOS
PRESIÓN DE CILINDRO	NA	NA
TIPO DE INSPECCIÓN	VISUAL	ANUAL DE PESO Y HERMETICIDAD

Creada por Autor. Fuente: manuales de equipos.

5.2 Análisis comparativo de normativa relacionada.

De la normativa expuesta en el Capítulo 4 se realiza el siguiente análisis, identificando enunciados específicos de la regulación ecuatoriana, colombiana, peruana y chilena.

La normativa ecuatoriana, en el RSSTAM no especifica al autorrescatador como EPP obligatorio, deja su análisis al estudio de riesgos por puestos de trabajo.

La legislación colombiana es la única que establece con claridad las especificaciones requeridas para los equipos de autorrescate. Se establecen parámetros muy claros sobre las características mínimas que deben cumplir estos equipos, entre las que destacan:

- Equipo de oxígeno de circuito cerrado.
- Operativo en atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno.

- Independencia de 30 min. como mínimo, con flujo de 35 l/min.
- Incluir en el equipo elementos de protección visual y nasal.
- El equipo debe contar con un dispositivo indicador de estado.

En la legislación peruana se identifica tres puntos a considerar:

- La obligatoriedad de que el titular de actividades mineras provea de EPP específico para las tareas, basado en el análisis de riesgo de las tareas asignadas.
- Proveer autorescatadores de filtro de monóxido de carbono para tareas donde estén presente motores de combustión y/o se utilice explosivos (protección de 30 minutos como mínimo).
- Las estaciones de emergencia (refugios) deberá tener autorescatadores en cantidad acorde al aforo de dicho refugio.

Finalmente en la normativa chilena se identifica que la provisión de equipos dependerá del análisis de riesgos por puesto de trabajo que realice el técnico de seguridad. Se destaca lo siguiente:

- Obligación de la empresa minera de proporcionar elementos de protección personal adecuados.
- Los refugios deberán contar con equipos autorrescatadores en número igual a la cantidad de trabajadores del área.

6 RESULTADOS.

Durante el desarrollo de la presente investigación se alcanzó los objetivos planteados, identificando los tipos de autorrescatadores existentes en el mercado ecuatoriano, analizando sus clases y características (Tablas 2, 3 y 4) e identificando los factores clave (Tabla 6).que servirían para la selección del equipo adecuado para la operación minera Fruta del Norte FDN.

Luego de realizar el análisis de las características principales de los dos tipos de autorrescatadores, de circuito cerrado (de oxígeno comprimido y de generación química de oxígeno) y de circuito abierto (filtro de monóxido de carbono) podemos identificar los siguientes puntos:

Autorrescatadores de circuito cerrado (oxígeno). Los autorrescatadores de circuito cerrado brindan protección al usuario de manera independiente a las condiciones atmosféricas que se presenten al interior de la mina.

- Utilizable con niveles de oxígeno en la atmosfera por debajo de 19.5 %.
- Utilizable en atmosfera con porcentajes de CO superiores al 1 %.
- Utilizable en presencia de gases tóxicos producto de la combustión.
- Incluyen protección ocular.
- Son reutilizables (equipos de oxígeno comprimido).
- Precio (en dos equipos de circuito cerrado).

Los autorrescatadores de circuito abierto con filtro para monóxido de carbono. Estos equipos dependen de “condiciones ideales” en la atmosfera, es decir que, de presentarse variaciones en el porcentaje de CO > 1,5%, oxígeno inferior al 19,5 %, o presencia de otros gases tóxicos o asfixiantes, este equipo no sería operativo. Como factores positivos tenemos:

- Peso
- Tamaño
- Precio

A continuación presentamos un cuadro comparativo de los equipos analizados:

Tabla 5. Tabla comparativa general de autorrescatadores.

PARÁMETROS / EQUIPOS	DE OXÍGENO COMPRIMIDO		DE GENERACIÓN QUÍMICA DE OXÍGENO		DE FILTRO PARA MONÓXIDO DE CARBONO	
	EBA 6.5	M-20	OXY 6000 MK III DRÄGER	SavOx MSA	W-65 MSA	SAFE 1+ STEELPRO
APROBACIONES	MSHA/NIOSH	MSHA/NIOSH	DIN EN 13 794	EN 401, Clase K 30 S.	MSHA / NIOSH	UNE - EN 404:2005.
FUENTE DE OXÍGENO	OXÍGENO COMPRIMIDO	OXÍGENO COMPRIMIDO	CARTUCHO DE KO2	CARTUCHO DE KO2	NA	NA
OPERATIVO CON O <19.5%	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON GASES TÓXICOS	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO
DURACIÓN DE USO CONSTANTE	110 MINUTOS	10-15 MINUTOS	60 MINUTOS	30 MINUTOS	60 MINUTOS	60 MINUTOS
DURACIÓN EN REPOSO	8 HORAS	32 MINUTOS	NA	NA	NA	NA
ACTIVACIÓN	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR	AUTOMÁTICA AL INSPIRAR
TIEMPO DE COLOCACIÓN	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	8 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)	15 SEGUNDOS (SEGÚN MANUAL)
PINZA NASAL	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
PROTECCIÓN OCULAR	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	NO
PESO	4.17 Kg.	1.5 Kg.	3.5 Kg.	2.5 Kg.	1 Kg.	1 Kg.
DIMENSIONES	21,6X30X11.4 cm.	18,3X16,5X7,9 cm.	24,6X21,3X12,5 cm.	22X16X11 cm.	10X9X12 cm.	10X9,3X13,3 cm.
TEMPERATURA DE ALMACENAJE	-12°C a 60°C	-12°C a 60°C	-30°C a 60°C			5°C a 35°C
LITROS DE OXÍGENO	157 LITROS	27 LITROS	NA	NA	NA	NA
REUTILIZABLE / RECARGABLE	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO
VIDA ÚTIL (NIOSH)	15 AÑOS	15 AÑOS	10 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	5 AÑOS
PRESIÓN DE CILINDRO	3000 PSI	3850 PSI	NA	NA	NA	NA
TIPO DE INSPECCIÓN	VISUAL DE MANÓMETRO	VISUAL DE MANÓMETRO	VISUAL DE PANTALLA	VISUAL DE INDICADOR	PESO Y HERMETICIDAD	PESO Y HERMETICIDAD
COSTO REFERENCIAL (EN ECUADOR)	2054,75	855.72	2351,43	1700	670	88,34

Creada por Autor. Fuente: Manuales de equipos. Precios provistos por proveedores en Ecuador . En rojo los parámetros que puntuaron en negativo para la comparación.

Luego de analizar las características técnicas de los diferentes equipos existentes en el mercado local, se establece los parámetros principales que se debería tomar en cuenta para la selección de los equipos de autorescate, considerando parámetros técnicos así como el factor económico (Tabla 6).

Tabla 6. Factores clave para la selección de autorrescatadores en minería subterránea.

PARÁMETROS	CIRCUITO CERRADO CON OXÍGENO (COMPRIMIDO O GENERACIÓN QUÍMICA)	CIRCUITO ABIERTO CON FILTRO DE MONÓXIDO DE CARBONO
APROBACIONES	✓	✓
FUENTE DE OXÍGENO	✓	NA
OPERATIVO CON O ₂ <19.5%	✓	X
UTILIZABLE EN ATMÓSFERA CON GASES TÓXICOS	✓	X
DURACIÓN DE USO CONSTANTE	✓	✓
PINZA NASAL	✓	✓
PROTECCIÓN OCULAR	✓	X
PESO	✓	✓
DIMENSIONES	X	✓
REUTILIZABLE/RECARGABLE	✓	X
VIDA ÚTIL (NIOSH)	✓	✓
COSTO REFERENCIAL (EN ECUADOR)	X	✓

Creada por Autor. Fuente: manuales de equipos.

7 CONCLUSIONES

De la investigación realizada sobre los equipos de autorrescate minero y sobre la legislación que rige en varios países de Sudamérica (Ecuador, Colombia; Perú y Chile) con respecto al uso de dichos equipos, se concluye que:

1. Considerando los factores clave descritos durante el análisis de los diferentes tipos de autorrescatadores (Tabla 6) se identifica la necesidad de realizar el cambio de los equipos que actualmente se utilizan en la minería subterránea (de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono), puesto que, en caso de presentarse un incendio al interior de la mina, los parámetros en los que estos equipos funcionan idealmente (oxígeno >19.5 % y CO₂ <1%) pueden ser muy variables, tal como se mencionó en el caso de la Mina Sunshine, poniendo en riesgo la vida de los trabajadores que hagan uso de estos equipos durante una evacuación de emergencia. Se recomienda la selección de equipos de circuito cerrado (sea de oxígeno comprimido o de generación química de oxígeno) ya que, estos ofrecen mayores garantías para el usuario durante la ocurrencia de un incendio en mina subterránea al ser independientes de la atmósfera externa presente durante la evacuación.
2. Luego de describir las especificaciones técnicas de los autorrescatadores de circuito cerrado de oxígeno comprimido, se identifica que, este tipo de equipos, por sus características técnicas (Tabla 2) son los que mejores prestaciones presentarían en caso de que durante una evacuación de emergencia por incendio en mina, deban ser utilizados. Tres características se consideran clave para esta selección: independencia de la atmósfera presente, protección ocular, ser reutilizables. Los factores negativos, en el modelo EBA 6.5, es el tamaño, siendo el de mayores dimensiones entre los equipos comparados (21,6 x 30 x 11.4 cm) y el peso (4.17 Kg.). La principal característica negativa en el equipo M20 es su duración de uso, 15 minutos.
3. De igual forma, luego de identificar las especificaciones técnicas de los autorrescatadores de circuito cerrado de generación química de oxígeno (Tabla 3), estos equipos presentan características deseables durante una evacuación de emergencia por incendio, como son: independencia de la atmósfera presente y protección ocular. Son equipos recomendados como reemplazo de los equipos que actualmente se utilizan en las operaciones de minería subterránea en el país. Una característica que se podría considerar negativa es que no son reutilizables.
4. En relación con las características técnicas de los autorrescatadores de circuito abierto con catalizador de monóxido de carbono (Tabla 4), se desaconseja su uso ya

que, su principal limitante es la total dependencia de la atmósfera presente en la mina. Se destaca su peso y dimensiones, lo que los convierte en los de mejor portabilidad para el trabajador.

5. Los factores clave para la selección de autorrescatadores en operaciones mineras subterráneas (Tabla 6) deberán ser considerados por la parte operativa y la parte de seguridad durante los procesos de selección de EPP según el análisis de riesgos por puestos de trabajo.

Adicional, una variable importante que se presenta y que es necesario mencionar es el factor económico (costos de equipos), ya que esto generalmente presenta una barrera al momento de la selección de dichos equipos. Al ser equipos que se fabrican fuera del país, para su importación se paga entre 45 a 48 % de impuestos sobre el valor en el país de origen, lo que encarece sobremanera los costos. Tenemos equipos que fluctúan entre los 855 a 2300 USD. puestos en el país (equipos de circuito cerrado), mientras que los equipos de circuito abierto fluctúan entre 88 a 670 USD. Considerando que el factor económico no debería primar sobre la seguridad de los trabajadores, prevalece la recomendación del uso de equipos de circuito cerrado.

8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Luego de realizar el análisis comparativo entre la legislación ecuatoriana, colombiana, peruana y chilena en relación con el tema de equipos de autorescate minero (Tabla 7). surge la necesidad de desarrollar un reforma al Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero para la estipulación del autorescatador como EPP específico para las labores mineras subterráneas.

Tabla 7. Especificación para autorescatadores en legislación comparada (Ecuador, Colombia, Perú, Chile).

NORMATIVA	TIPO DE AUTORRESCATADOR	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero. Ecuador.	No especificado.	NA
Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. Colombia.	De circuito cerrado de oxígeno.	Especificadas
Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Perú.	De filtro de monóxido de carbono	NA
Reglamento de Seguridad Minera. Chile.	No especificado	NA

Creada por Autor.

Es necesario realizar un planteamiento de reforma en la normativa legal ecuatoriana (Ley Minera, Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero) con la finalidad de estipular la obligatoriedad de la dotación del autorescatador como EPP básico para los trabajos en minería subterránea, así como las características técnicas que debería tener dicho equipo.

9 BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. Reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito minero. Tercer Suplemento, 27 de noviembre de 2020. ARCERNNR-013/2020. Registro Oficial N.º 339

Agencia Nacional de Minería. RESOLUCIÓN 368 DE 2016, de 7 de junio de 2016, por la cual, la Agencia Nacional de Minería. Diario Oficial No. 49.897

Agencia Nacional de Minería. RESOLUCIÓN 958 DE 2016, de 4 de noviembre de 2016, Por la cual se modifica la Resolución número 368 del 26 de mayo d.e 2016. Diario Oficial No. 50.047.

Asamblea Nacional. Ley Minera. Registro Oficial Suplemento 517 de 29-ene.-2009.

DRAGÜER. (nd). Ficha técnica de autorrescatador OXY 6000 MK III. www.dräger.com
<https://www.draeger.com/Products/Content/oxy-30006000-mk2-pi-9103543-es-es.pdf>

International Labour Organization ILO. www.ilo.org

Ministerio de Minas y Energía. DECRETO 1886 DE 2015, de 21 de septiembre de 2015. Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. Diario Oficial No. 49.642.

MSA. (nd). Ficha técnica de autorrescatador SavOx. www.msasafety.com
<https://msa.webdamdb.com/bp/#/folder/1841230/89749473>

MSA. (nd). Ficha técnica de autorrescatador W-65. www.msasafety.com
<https://s7d9.scene7.com/is/content/minesafetyappliances/W65%20Filter-Self-Rescuers%20Bulletin%20-%20ES>

OCENCO. (nd). Ficha técnica de autorrescatador EBA 6.5 www.ocenco.com
https://ocenco.com/media/1023/eba-65-instruction-manual_ocenco-inc.pdf

OCENCO. (nd). Ficha técnica de autorrescatador M-20. www.ocenco.com
<https://ocenco.com/media/1244/m-20-scsr-instruction-manual.pdf>

STEELPRO. (nd). Ficha técnica de autorrescatador SAFE 1+. www.steelprosafety.com
<https://www.americansafety.cl/newsletter/documentacion/ficha-tecnica/steelpro/autorescatadores/250050150008-FT-AUTORRESCATADOR-SAFE-1-STEELPRO.pdf>

10 ANEXOS

10.1 Anexo 1. Ficha técnica de autorrescatador EBA 6.5 OCENCO.



Ocenco EBA6.5



The EBA6.5 is an Emergency Breathing Apparatus used in mines, tunnels and sewers all over the world. It uses compressed oxygen to provide a long lasting air supply in case of an emergency.

The unit is demand controlled and provides the user with more than 90 minutes of oxygen during an emergency escape and up to 8 hours of oxygen in a resting situation. The design is compact, light-weight and very easy to operate making it possible to put on and get fully functional within 15 seconds.

The oxygen content indicated on the pressure gauge is always visible for inspection through the clear, tamper-proof sealed case.

Technical specification

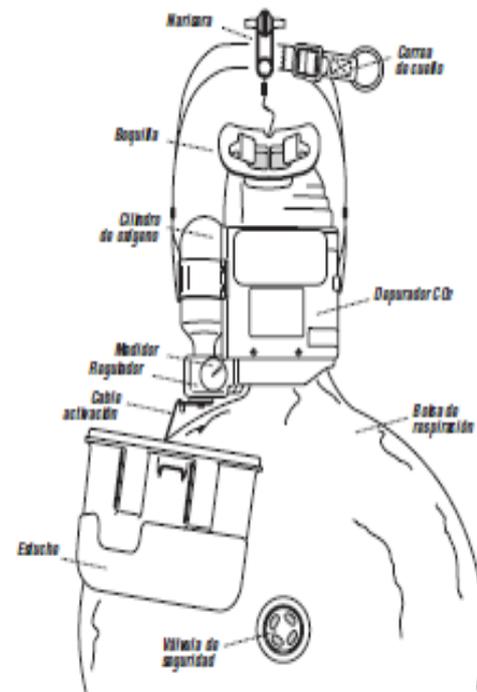
- ✓ Approval : 89/686/EEC
- ✓ Standard : EN 13794
- ✓ Material : Scrubber - LiOH
- ✓ Service life : 15 years
- ✓ Dimensions : 216 x 300 x 114 mm / 8.5 x 11.8 x 4.5 inch
- ✓ Weight : 4.2 kg / 8.0 lbs

10.2 Anexo 2. Ficha técnica de autorrescatador M-20 OCENCO.

M-20 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y RENDIMIENTO

Aprobaciones	Números Aprobación	Duración en Aprobación
MSHA/NIOSH	TC-13F-269	10 minutos
Rep. Sudáfrica	GME 14/6/14/5	24 minutos
Australia	MDA BA 2804 1899	18 minutos 18 minutos
Duración en uso constante	10-15 minutos	
Duración en reposo	32 minutos	
Tiempo para ponerse/activar	8 segundos, o menos	
Peso	1.5 Kg. (3.3 lbs) Peso total .86 Kg. (1.9 lbs) Peso puesto	
Dimensiones	18.3 cms. x 16.5 cms. x 7.9 cms. (7.2" x 6.5" x 3.1")	
Rango temperatura almacenaje	-12°C a 60°C (10°F a 140°F)	
Litros de oxígeno disponibles	27	
Reparar/recondicionar después de uso	Si	
Vida útil NIOSH	15 años	
Sistema de salida de oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno comprimido • Válvula automática • Regulado a flujo constante o sobre demanda 	
Presión del cilindro	3850 psi (265 Bars)	
Material para despurar CO ₂	Hidróxido de litio	
Inspección	Visual	

AUTORESCATADOR AUTÓNOMO M-20



CIRCUITO DEL M-20

El flujo de oxígeno empieza cuando se saca el M-20 del estuche. Se inhala oxígeno de la bolsa de respiración a través de la boquilla. El aire se exhala a través de la boquilla al depurador CO₂. El aire exhalado después de cepillarse entra a la bolsa de respiración y se mezcla con oxígeno del cilindro.

ACCESORIOS

M-20 para capacitación – completo con dos boquillas extras. Enseña cómo ponérselo estando en posición de uso o de almacenamiento.

10.3 Anexo 3. Ficha técnica de autorrescatador OXY 6000 MK III DRAGÜER.

Dräger Oxy® 3000/6000 MK III

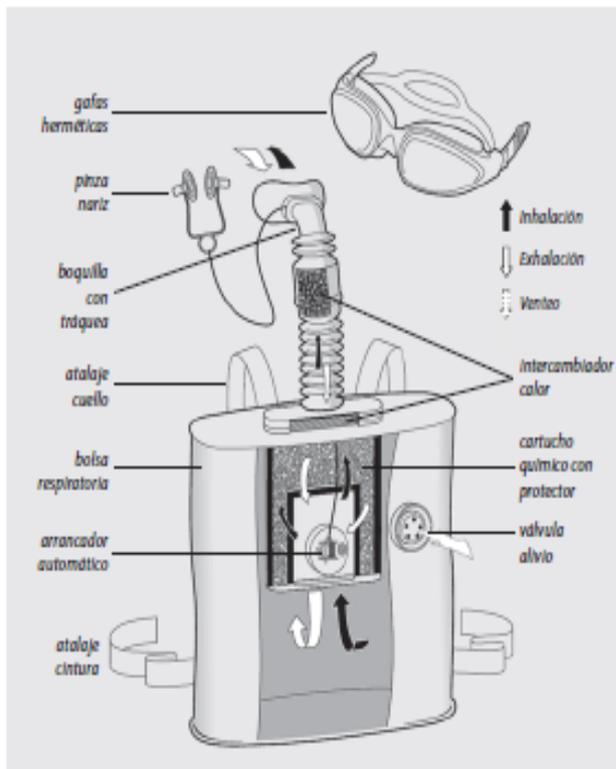


10.4 Anexo 4. Ficha técnica de autorrescatador SavOx MSA.

Un sistema exclusivo de doble intercambiador de calor reduce la temperatura del aire inhalado a un nivel confortable. Las gafas que incorpora proporcionan un excelente ajuste y una buena visión. El SavOx dispone de una bolsa antiestática de respiración. El SavOx casi no requiere mantenimiento y su vida útil puede llegar a los 10 años. La vida útil alcanzable depende del tipo de uso y clase de trato a que esté sujeto el equipo.

Características y Ventajas

- Indicador de "Listo para usar"
- Puede almacenarse largo tiempo
- Arranque automático
- Rápida disponibilidad de uso
- Reducido tamaño
- Suministro de oxígeno controlado por el ritmo respiratorio
- Liviano
- Excelentes prestaciones a cualquier ritmo de consumo de aire
- Construcción robusta
- Cartucho de acero inoxidable
- Unidad de entrenamiento de uso múltiple



Datos Técnicos

Equipo en su estuche de transporte

Peso	2.5 kg. aprox.	
Dimensiones	Alto	220 mm. aprox.
	Ancho	160 mm. aprox.
	Prof.	110 mm. aprox.

Modo de transporte

En el cinturón o con la cinta sobre el hombro

Vida útil	hasta 10 años
-----------	---------------

Equipo en Uso (sin estuche)

Peso	1.5 kg. aprox.
------	----------------

Modo de llevarlo

colgando sobre el pecho

Tiempo de servicio

depende del usuario y de la carga de trabajo

A un ritmo respiratorio de aprox.:

10 l/m. 3 h. aprox.

50 l/m. 25 min. aprox.

Nivel de duración (según EN 13794)

30 minutos

Clasificación por temperatura

T4 (Ref. EN 50014, temperatura superficial máxima)

Información para pedidos

10023263	Autorrescatador de oxígeno SavOx
10024538	Equipo de entrenamiento SavOx-TR
D1130823	Tubo de respiración TR kit de entrenamiento
10029099	Cinta de transporte
D1123958	Cinturón

Aprobación

Directiva CEE/686 sobre PPE.

Aprobación según EN 13794, Clase K 30 S.

10.5 Anexo 5. Ficha técnica de autorrescatador W-65 MSA.

PROTECCIÓN RESPIRATORIA AUTORRESCATADOR W-65



Características y beneficios

- Único en Chile con certificación NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Laboral USA). Según los requerimientos de NIOSH posee la menor resistencia tanto a la exhalación como la inhalación.
- Único en Chile con certificación MSHA (Administración de Seguridad y Salud en Minas, Ministerio del trabajo Estadounidense).
- Fabricado en Alemania con materiales robustos, aptos para las condiciones de minería subterránea, los cuales evitan la oxidación del equipo
- Autonomía de 60 minutos (certificada) expuesto a 10000 ppm de CO, con un flujo respiratorio de 32 litros/minuto.
- Está garantizado para una vida útil de 15 años, limitado a 10 años luego de puesto en servicio.
- Desarrollado y diseñado por MSA para ambientes con humo o incendios.
- Libre de mantención y chequeo simple
- Tamaño pequeño y liviano
- Una vez utilizado se desecha, NO es reutilizable
- El aire que entra es enfriado por un intercambiador de calor que reduce la temperatura a la mitad
- El exceso de saliva originado es eliminado por una válvula de exhalación
- El W-65 por ser un equipo de circuito abierto NO puede ser utilizado en ambientes que contengan menos de un 16% de Oxígeno.

Aplicaciones

- Minería
- Fundiciones Metalúrgicas
- Petróleo y gas
- Industria Química

Certificaciones

- Aprobado por MSHA
- NIOSH TC-14G-82



Información de Pedido
PN 1090-703 Autorrescatador CO W-65

10.6 Anexo 6. Ficha técnica de autorrescatador SAFE 1STEELPRO.

**STEELPRO
SAFETY**

FICHA TÉCNICA

AUTORRESCATADOR SAFE 1+ STEELPRO

CÓD: 250050150008

DESCRIPCIÓN

El SAFE 1+ Autorrescatador de circuito abierto: Es un dispositivo de escape basado en la canalización del monóxido de carbono mediante hopcalita. Se aplica en situaciones de emergencia como explosiones de gas en minería subterránea, explosión de polvo de carbón y de gases en la minería de carbón, así como en catástrofes de fuego.

APLICACIONES

- Minería en general.
- Desarrollo de túneles y faenas subterráneas.
- Industria petrolera y gas.

RECOMENDACIONES GENERALES

- El autorrescatador puede ser usado una sola vez, no puede ser reutilizado.
- Se recomienda ubicar en un lugar de fácil acceso y visible. Ante cualquier incendio o explosión de gas en minas, se debe llevar el autorrescatador de inmediato y abandonar el lugar.
- La cubierta de goma del autorrescatador está diseñada para protegerlo de golpes y rocas; si esta se daña o pierde, debe ser reemplazada por otra.
- La almacenación de autorrescatador debe ser en un lugar fresco y seco, lejos de cualquier fuente de calor, en un rango de temperatura de (5-35)*C, lejos de materiales corrosivos.
- Su uso es obligatorio para cada persona que ingrese a una mina subterránea en Chile.

APROBACIONES

- Certificado por DICTUC (Universidad Católica de Chile) de acuerdo a UNE - EN 404:2005.

TESTEOS

- El autorrescatador se debe someter a revisiones anuales para determinar que no existen diferencias de peso que superen los 5 grs y pérdidas de hermeticidad, de lo contrario se debe reemplazar inmediatamente.



GARANTÍA

Ante cualquier defecto y/o inconformidad de fábrica, Usted puede comunicarse con su distribuidor más cercano, o escribirnos directamente al correo contacto@steelprosafety.com. El distribuidor no será responsable de ninguna lesión, agravio o menoscabo personal o patrimonial que derive del uso incorrecto de este producto. Antes de utilizar el producto, asegúrese de que es apropiado para las labores pretendidas.

MATERIAL

- Carcasa de acero inoxidable de alta resistencia.

EMPAQUE

- Individual.
- Master Box de 12 unidades

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Protegido por una sólida y ligera caja de acero inoxidable.
- Peso menor o igual a 1kg.
- Dimensiones externas 100mm x 93mm x 133mm
- El equipo no debe ser utilizado en atmósferas con menos de 19,5% de oxígeno en el aire o que contengan otros gases o vapores tóxicos.

ADVERTENCIA

Este dispositivo de emergencia se debe utilizar en atmosferas que contengan:

- Más de un 1% de concentración de monóxido de carbono.
- Presencia de otro tipo de gases o vapores.
- El usuario no debe imprimir su logo en el auto rescataador, para evitar fugas de gas.
- No transportar el autorrescatador junto a petróleo o productos químicos corrosivos.
- La vida útil del autorrescatador es de 3 años en faena y 5 años en almacenamiento.

[STEELPRO SAFETY | AUTORRESCATADORES]
WWW.STEELPROSAFETY.COM

10.7 Anexo 7. Infografía de colocación de autorrescatador (Se incluyen en los manuales de usuario de cada producto)

USO DE AUTORRESCATADOR MSA W65

<p>1. Coloque su mano en la carcasa inferior del Autorrescatador. En la parte superior usted encontrará la palanca roja para abrir su autorrescatador. Levántela con fuerza con su dedo pulgar.</p>	<p>2. Luego tirela hacia arriba hasta que se desprendan las piezas de cierre. En ese momento su Autorrescatador ha quedado liberado de la horquilla para cinturón.</p>	<p>3. Retire la tapa y láncela a un lugar visible, esto servirá como indicativo de que en ese punto se utilizó un Autorrescatador</p>
		
<p>4. Una vez sin tapa, retira la carcasa halando de las cintas de sujeción y lance la carcasa también hacia un lugar visible.</p>	<p>5. Despliegue y levante las pinzas de la nariz.</p>	<p>6. Introduzca la boquilla a su boca dejándola entre sus labios y sus dientes. Muerta las mordazas para asegura el autorrescatador. Desde ese momento usted no debe hablar, si desea comunicar algo, deberá hacerlo con señas o gestos</p>
		
<p>7. El disco de goma deberá quedar perfectamente sellado en su boca.</p>	<p>8. Tome con ambas manos la pinza nasal y colóquela sobre sus fosas nasales, así evitara respirar por la nariz.</p>	<p>9. Sáquese el casco y coloque las bandas de sujeción en la cabeza, esto ayudara a disminuir la carga que ejerce el autorrescatador en sus dientes. En este momento usted ya está respirando por el Autorrescatador.</p>
		
<p>10. Colóquese nuevamente el casco e inicie la evacuación.</p>	<p>11. El Autorrescatador podrá retirarlo de su boca una vez que se encuentre en superficie o en un refugio minero.</p>	
		