

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA**



**“CRITERIOS RELEVANTES PARA IMPLEMENTAR REFUGIOS  
MINEROS SUBTERRÁNEOS, PROBLEMÁTICA Y CUMPLIMIENTO  
LEGAL”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:  
FERNANDO ELÍAS COPAIRA ORTIZ**

**ASESOR  
M.Sc. Ing. CARMEN ROSALÍA MATOS AVALOS**

**LIMA – PERÚ**

**2015**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación es dedicado a Dios, a mi esposa y a mis padres, por desear y promover en todo momento que mi persona recorra un camino de bien.

De igual manera dedico este trabajo a la Ingeniera Carmen Matos Avalos, en agradecimiento a su excelente docencia brindada durante mi formación académica en la Universidad Nacional de Ingeniería y en agradecimiento a sus consejos y apoyo a nivel profesional, que fueron en gran parte, motivo de mis aciertos laborales y del desarrollo del presente trabajo.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>CAPITULO I - ANTECEDENTES</b> .....	14
<b>CAPITULO II - JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>CAPITULO III - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	19
3.1 PROBLEMÁTICA .....	19
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
<b>CAPITULO IV - DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS</b> .....	23
4.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	23
4.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	23
<b>CAPITULO V - MARCO TEÓRICO</b> .....	25
5.1 DEFINICIÓN DE REFUGIO MINERO.....	25
5.2 DEFINICIÓN DE SISTEMA DE REFUGIOS MINEROS .....	26
5.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES DINÁMICAS .....	28
5.4 DEFINICIÓN DE FASES DEL PROCESO .....	28
5.5 DEFINICIÓN DE HERRAMIENTAS DE PROYECCIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS REFUGIOS MINEROS.....	30

5.6	MARCO LEGAL PARA IMPLEMENTAR REFUGIOS MINEROS .....	31
5.7	IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS EN EL PERÚ .....	32
5.7.1	<i>PAN AMERICAN SILVER S.A - UNIDAD MINERA HUARÓN.....</i>	<i>33</i>
5.7.2	<i>VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A - UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL.....</i>	<i>34</i>
<b>CAPITULO VI - FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS .....</b>		<b>37</b>
6.1	HIPÓTESIS.....	37
6.2	VARIABLES .....	37
6.2.1	<i>VARIABLES INDEPENDIENTES PRINCIPALES .....</i>	<i>42</i>
6.2.2	<i>VARIABLES DEPENDIENTES DE PRIMER NIVEL FRECUENTES .....</i>	<i>44</i>
6.2.3	<i>VARIABLES DEPENDIENTES DE SEGUNDO NIVEL FRECUENTES .....</i>	<i>53</i>
6.2.4	<i>VARIABLE DEPENDIENTE DE TERCER NIVEL FRECUENTE.....</i>	<i>54</i>
<b>CAPITULO VII - METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>		<b>59</b>
7.1	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	59
7.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	60
7.3	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	61
7.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	62
7.4.1	<i>ANÁLISIS DEL INFORME DE EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS EN LA UNIDAD HUARÓN.....</i>	<i>62</i>
7.4.2	<i>ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS EN LA UNIDAD SAN CRISTÓBAL.....</i>	<i>76</i>
7.4.3	<i>ASOCIACIÓN CAUSA – EFECTO ENTRE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS EN LA UNIDAD HUARÓN.....</i>	<i>86</i>
7.4.4	<i>ASOCIACIÓN CAUSA – EFECTO ENTRE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS EN LA UNIDAD SAN CRISTÓBAL.....</i>	<i>88</i>
7.4.5	<i>INTERPRETACIÓN DE LAS VARIABLES E INFERENCIAS GENERALES.....</i>	<i>90</i>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>103</b>

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA 6.1	PERSONAL PRESENTE EN UN CRUCERO DE 4 X 4 M .....	47
TABLA 6.2	VELOCIDAD EQUIVALENTE DE TRASLADO DEL PERSONAL EN UNA RAMPA POSITIVA.....	49
TABLA 6.3	INDICADOR DEL NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y REQUISITOS DE LA NORMA OHSAS 18001, APLICABLES A LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS .....	56
TABLA 7.1	DIAGNOSTICO SOBRE EL CUMPLIMIENTO INICIAL DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD UNIDAD HUARÓN.....	74
TABLA 7.2	DIAGNOSTICO SOBRE EL CUMPLIMIENTO INICIAL DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD UNIDAD SAN CRISTÓBAL.....	84

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 6.1	CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES SEGÚN SU NIVEL DE DEPENDENCIA.....	41
FIGURA 6.2	SÍMBOLO QUE REPRESENTA EL TIEMPO EFECTIVO DE PERCEPCIÓN DE LA ALARMA MINERA POR PARTE DE LOS TRABAJADORES.....	46
FIGURA 6.3	DIAGRAMA DE FLUJO QUE ESTABLECE LA RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.....	58
FIGURA 7.1	DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS VARIABLES DE IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS - UNIDAD HUARÓN .....	87
FIGURA 7.2	DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS VARIABLES DE IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS - UNIDAD SAN CRISTÓBAL.....	89

## **RESUMEN**

En la presente investigación exploratoria, se describe la problemática existente en la implementación de refugios mineros subterráneos a nivel nacional, que surge al analizar los requisitos y las definiciones que brinda el Reglamento de Seguridad Y Salud Ocupacional en Minería concernientes a dicha implementación.

La implementación de refugios mineros como parte del sistema de gestión de seguridad, es definida por los profesionales en gestión de riesgos como un control de riesgos correspondiente a la fase de emergencia de los procesos, sin embargo, la reglamentación actual la conceptualiza en forma simultánea como parte de la gestión de la seguridad, y como parte de la gestión de las operaciones mineras, llegando a establecer requisitos para los refugios mineros asociados al uso de las vías de acceso y por lo tanto, asociados a valores geométricos propios de la operación de la mina, no haciendo mención y mucho menos énfasis en el análisis de riesgos que sustenta la implementación del refugio, propiciando que las empresas mineras, deseosas de cumplir con la norma, realicen la implementación sin establecer un fundamento

Técnico en el marco de la gestión de la seguridad que justifique dicha implementación.

Por lo expuesto, la presente investigación define como objetivo principal, identificar los criterios más relevantes para implementar refugios mineros subterráneos en el marco legal vigente, así como su vinculación con el sistema de gestión de seguridad.

## **ABSTRACT**

In this exploratory research, describes the existing problems in the implementation of underground refuges chamber nationwide, which arises when analyzing the requirements and definitions provided by the regulation of occupational safety and health in mining industry concerning to the implementation

The implementation of refuges chamber is a part of the security management system, and is defined by the risk management professionals, as a risk control corresponding to the emergency phase processes, however, the current regulation conceptualized the implementations of refuges chamber simultaneously as part of the safety management, and as part of the mining operations management, reaching establish requirements for refuge chambers, associated with the use of the access roads and associated with geometrical values corresponding to the operation of the mine, not making mention and far less emphasis on risk analysis that sustained the implementation of refuge chambers, causing to mining companies wishing to meet the law, performs implementations without establishing a technical basis within the framework of the safety management justifying the implementation

Therefore, this research defines as main objective, identify the most relevant criteria to implement underground refuges chamber in the existing legal framework, as well as its relationship to the safety management system

## **INTRODUCCIÓN**

En el proceso de implementación y mantenimiento de refugios mineros subterráneos que las empresas mineras realizaron y realizan a nivel nacional motivadas por su compromiso de cumplimiento de las leyes y normas y que busca también satisfacer una posible necesidad de control de riesgos en la fase de emergencia de sus procesos, se presenta una problemática nacional, conocida pero no discutida por las empresas mineras.

El desarrollo de la presente investigación expone un análisis de los parámetros, elementos y componentes presentes en la implementación de refugios mineros que se ejecutaron en dos unidades mineras subterráneas del País, a fin de describir el fenómeno de implementación, identificar y analizar la problemática presente en dichas implementaciones y establecer generalizaciones en el marco de una investigación exploratoria que contribuyan en las implementaciones y análisis que las empresas mineras del país realicen al respecto.

La investigación, a partir de los casos estudiados, propone recomendaciones orientadas a que los refugios mineros puedan cumplir los requisitos del sistema de

gestión de seguridad, y a la vez, se realicen trabajos que permitan alcanzar un buen desempeño técnico de los refugios como respuesta a la ocurrencia de una emergencia.

Asimismo es necesario indicar que las propuestas expuestas en la presente investigación pretenden promover la discusión técnica entre las personas ejecutoras, personas responsables de la implementación y los usuarios de los refugios mineros. Discusión que tome como punto de partida la información ordenada y clasificada que brinda la presente investigación del fenómeno y que conlleve al desarrollo de implementaciones técnicas en la minería nacional.

## **CAPITULO I**

### **ANTECEDENTES**

Los requisitos legales concernientes a respuesta a emergencias y manejo de desastres establecidos para la industria minera nacional, se han venido incrementando y detallando técnicamente en los últimos años. Esto principalmente a consecuencia de pretender alcanzar un estado de preparación ante la posible ocurrencia de emergencias, principalmente en la minería subterránea, propensa a emergencias como las ocurridas a nivel internacional.

El ejemplo más claro de estas emergencias internacionales, del cual han derivado medidas legales de control en nuestro país, ha sido el derrumbe de la mina San José, ubicada a 30 Km al noroeste de la ciudad chilena de Copiapó, ocurrido el jueves 5 de agosto de 2010, dejando atrapados a 33 mineros a unos 720 metros de profundidad durante 70 días.

Este evento fue el principal antecedente para que en nuestro país, el Decreto supremo 055 - 2010 - EM “Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en minería”, Aprobado el 22 de Agosto del mismo año de ocurrida la emergencia en Chile (2010), Considere nuevamente la necesidad de implementar y establezca mayor detalle operacional para los refugios mineros instalados y por ser instalados en las minas subterráneas que operan a nivel nacional.

Actualmente, los requisitos funcionales básicos<sup>1</sup> para los refugios mineros en el Perú, se muestran en el Art° 138 y Art°233 inc. h), i) del Decreto supremo 055- 2010 - EM, el cual es el punto de partida desde donde las empresas mineras implementan bajo diferentes métodos o maneras prácticas los refugios mineros en sus unidades de operación.

---

<sup>1</sup> Entiéndase como Requisitos Funcionales básicos, a las características, capacidades y condiciones mínimas que dispone y brinda el refugio minero a los trabajadores atrapados en la mina; así como los parámetros mínimos referenciales para la ubicación estratégica de estos refugios establecidos en el DS 055 – 2010 – EM.

## **CAPITULO II**

### **JUSTIFICACIÓN**

Dado que la implementación de refugios mineros es una obligación legal, las empresas mineras subterráneas vienen implementando estos refugios empleando diferentes métodos o formas de hacerlo, no siendo siempre estos técnicamente los más adecuados para alcanzar sus objetivos en respuesta a emergencia y guardar coherencia con los principios de su sistema de gestión de seguridad.

Asimismo es necesario indicar que actualmente la autoridad minera no tiene definida claramente una metodología técnica legal a nivel nacional, para verificar a detalle el cumplimiento de los requisitos funcionales básicos de los refugios mineros, establecidos en el Art° 138 y Art°233 inc. h), i) del Decreto supremo 055- 2010 - EM. Relacionados al plan de preparación y respuesta a emergencias y relacionados a los requisitos operacionales sobre accesos mineros respectivamente, ni para verificar el posible desempeño de estos refugios, en base a una razón de implementación o en el caso más lógico, ante la ocurrencia de una situación real de emergencia, Limitándose a verificar solo la instalación de estos elementos o infraestructuras,

postergando para una segunda etapa, la importante verificación técnica del posible desempeño de los refugios mineros ante la ocurrencia de una emergencia que requiera su utilización.

Por las condiciones mencionadas y a falta de criterios básicos para verificar o fiscalizar el cumplimiento de los requisitos funcionales de estos refugios, y sin contar con herramientas para proyectar su desempeño en función a un objetivo determinado, las implementaciones se vienen realizando solo en cumplimiento de lo estrictamente establecido en la norma, (la instalación física de refugios mineros), dejando de lado un análisis profundo sobre la razón de la implementación y del posible desempeño de los mismos ante una emergencia.

Actualmente la minería subterránea a nivel nacional se encuentra en una etapa de profundización de sus labores, y tal condición hace que las operaciones se desarrollen en ambientes con nuevos riesgos asociados a esta profundización, (p.e El estallido de rocas y posterior colapso de labores mineras entre otros riesgos). Por tal razón, es lógico concluir que para los años venideros la necesidad de contar con refugios, técnica y estratégicamente ubicados en interior mina, con el debido sustento técnico en el ámbito del análisis profesional de la seguridad se torne crucial, debido al requerimiento de controlar los riesgos en su fase normal y de emergencia. Riesgos de mayor criticidad y características asociadas a operaciones mineras subterráneas desarrolladas a mayores profundidades que las actuales.

En consecuencia de lo descrito, se hace necesario iniciar trabajos de investigación sobre la implementación de refugios mineros subterráneos, a fin de promover la discusión y consenso de criterios, que describa la problemática nacional existente,

brinde soluciones a esta problemática, mejore las herramientas actuales de fiscalización con las que dispone la autoridad minera, y principalmente viabilice técnicamente un buen desempeño del sistema de refugios, en relación con los objetivos del Sistema de Respuesta a Emergencias y el Sistema de Gestión de Seguridad de las empresas mineras.

## **CAPITULO III**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 PROBLEMÁTICA**

En la actualidad, los proyectos mineros y las empresas mineras subterráneas que se encuentran en operación en el Perú. Realizan sus actividades en estricto cumplimiento de los requisitos legales del país, y de las exigencias internas establecidas por la organización, tomadas de las mejores prácticas de clase mundial y estándares internacionales.

Por tal motivo, las actividades comprendidas en sus procesos productivos, son monitoreadas a través de un sistema de gestión de seguridad que logra cumplir en forma simultánea la exigencia legal, y los requisitos internos de la organización, relacionados a seguridad y salud ocupacional. Este cumplimiento también se aplica a la adecuación de nuevas condiciones operacionales de obligación legal, que pueden surgir repentinamente y en cualquier etapa de la actividad minera, incluso cuando se considere que los procesos rutinarios se encuentran estandarizados y controlados.

Es así que al encontrarse en la necesidad de una adecuación a un requisito legal, que comprenda nuevas actividades para la mina, tal como es el caso de implementar y mantener refugios mineros en la zona de operación con características cada vez más exigentes, se deberá cumplir de manera detallada y evidenciable lo establecido en la ley, pero a la vez, se debe enlazar coherentemente la implementación de refugios mineros al sistema de gestión de seguridad establecido por la organización. <sup>2</sup>.

Ya que a nivel nacional no existe una guía donde se establezcan criterios básicos para implementar refugios mineros, y mucho menos una metodología al menos genérica de implementación que busque satisfacer no solo el cumplimiento legal, sino que también busque el buen desempeño de los refugios mineros en base a los objetivos y cumpliendo los requisitos aplicables del sistema de gestión de seguridad, estos refugios vienen siendo instalados en algunas empresas mineras de manera provisional, a fin de cumplir por urgencia la reglamentación legal, que por el momento, no tiene un lineamiento claro sobre la razón de implementar refugios mineros y que carece de criterios de fiscalización técnicos para verificar los propios requisitos operacionales que establece.

Esta solución provisional casi forzosa, que además de afectar el desempeño real del refugio minero ante la ocurrencia de una emergencia que requiera su utilización, incumple los requisitos del propio sistema de gestión de seguridad

---

<sup>2</sup> La mayoría de empresas mineras en el Perú adoptan el modelo OHSAS 18001 para su sistema de gestión de seguridad, razón por la cual, la presente investigación exploratoria, considera importante incluir requisitos de la norma OHSAS 18001, dentro de los requisitos del sistema de gestión de seguridad.

y los requisitos aplicables de la norma OHSAS 18001, que ante una estricta auditoría o estricta fiscalización, evidenciará “NO conformidades” que pueden llevar a la pérdida de la certificación de la norma en empresas certificadas, o evidenciará incumplimientos a otros requisitos legales en gestión de riesgos.

Adicionalmente, dentro de un contexto financiero, cabe mencionar que este requisito legal que comprende implementar y mantener refugios mineros, cuyo costo económico de implementación se sustenta y está relacionado con la rentabilidad y condiciones operativas de una determinada zona de la mina, no cuenta con criterios de análisis al menos básicos, en el marco de un planeamiento de mina, para anticipar y presupuestar todas las actividades de implementación y mantenimiento de refugios, que cumplan a la vez el requisito legal y los requisitos del sistema de gestión de seguridad de la organización. (Relación planeamiento – Gestión de seguridad)

Esta dificultad para anticipar actividades, origina que la implementación y mantenimiento de refugios afecte la estimación de la rentabilidad de los tajos de la unidad minera y afecte también la evaluación económica de **nuevos proyectos mineros**, al no poder estimar con un nivel de certeza aceptable, la cantidad, ubicación, traslados y demás aspectos considerados costos de inversión y costos operativos de este requisito legal, aumentando la dispersión del valor esperado de inversión del proyecto.

### **3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los criterios relevantes para implementar refugios mineros en minería subterránea, que permitan asociar la implementación al sistema de gestión de seguridad y que permitan desarrollar una metodología de implementación que tome en cuenta los riesgos de la mina?

## **CAPITULO IV**

### **DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

- ❖ Identificar los criterios relevantes para realizar la implementación de refugios mineros subterráneos, así como su relación con el sistema de gestión de seguridad.

#### **4.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS**

- ❖ Promover la discusión técnica y los trabajos de investigación para implementar refugios mineros acorde a la necesidad y realidad de la industria minera nacional como consecuencia de la exploración del fenómeno de implementación que proporciona el presente trabajo de investigación.

- ❖ Brindar definiciones, teoría, herramientas, principios de análisis de las variables de implementación de refugios mineros, que faciliten el cumplimiento de los objetivos en gestión de seguridad de las empresas mineras subterráneas y contribuyan técnicamente con la formulación de la ley y la fiscalización de la autoridad minera relacionados a los refugios mineros subterráneos.

## CAPITULO V

### MARCO TEÓRICO

#### 5.1 DEFINICIÓN DE REFUGIO MINERO

Una definición de refugio minero, considerando la información brindada por el DS 055 – 2010 – EM “Reglamento de Seguridad Ocupacional en Minería”, es la de un recinto hermético y a prueba de fuego, que proporciona aire respirable, agua potable y alimentos a mineros atrapados en ambientes peligrosos producto de la ocurrencia de un siniestro. También podemos definir al refugio minero tal como lo ilustra la 30 CFR parte 7.502<sup>3</sup>. En su definición de refugios mineros para minas de carbón.

**“Un espacio protegido, asegurado con una atmósfera aislada y componentes integrados que crean un ambiente de soporte vital para las personas atrapadas en una mina de carbón subterránea.”** (Title 30 Code of Federal Regulations : Part 7.502)

---

<sup>3</sup> La 30 CFR es parte de los Códigos de Regulaciones Federales, el cual ordena los requisitos generales y permanentes de la seguridad, salud y entrenamientos al respecto y concernientes a minería, publicados en el Registro Federal por los departamentos y agencias del gobierno federal de los Estados Unidos de América.

Es importante mencionar que la legislación peruana establece con claridad el término siniestro en la legislación concerniente a hidrocarburos (Art. 3 D.S 043-2007-EM), siendo necesaria una definición en el ámbito minero subterráneo, donde existen muchos riesgos, debiéndose establecer cuáles son los riesgos mínimos considerados potenciales siniestros mineros subterráneos donde se hace obligatoria la implementación de refugios mineros.

## 5.2 DEFINICIÓN DE SISTEMA DE REFUGIOS MINEROS

Se define como SISTEMA al **“Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a un determinado objeto”**,<sup>4</sup> Respecto a esta definición general, y a la experiencia proveniente de dos diferentes implementaciones de refugios mineros llevadas a cabo en el Perú. Se establece que el refugio minero es solo un elemento de lo que se define como **“SISTEMA DE REFUGIOS MINEROS”**, el cual a su vez, forma parte del Sistema de Gestión de Seguridad de las organizaciones.

También se considera que el Sistema de Refugios Mineros en una determinada mina subterránea en particular, estará constituido de elementos provenientes de la naturaleza de los riesgos y complejidad operativa de dicha unidad minera, sin embargo en el referente estudio exploratorio, se presentan y se explican elementos que integran intrínsecamente a todo Sistema de Refugios Mineros y que estarán presentes en cualquier condición particular de implementación.

---

<sup>4</sup> Cfr. Diccionario de la Lengua Española (DRAE) 2001

Dichos elementos se consideran altamente relevantes en el funcionamiento del sistema de refugios mineros, considerándose también, punto de partida del análisis para implementación y mejoras del sistema de refugios.

Los elementos intrínsecos son: los riesgos de la mina, la dimensión de la mina, los elementos y condiciones operacionales; y las herramientas de gestión (procedimientos, capacitaciones, inspecciones etc.). Que serán definidas posteriormente como las variables independientes y dependientes que afectan el nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad y requisitos de la norma Ohsas 18001 aplicables a refugios mineros.

Además, en concordancia con la definición de sistema, es necesario indicar que la falta o falla de algún elemento que constituye el sistema de refugios mineros, afectará a todo el sistema y a su objetivo general<sup>5</sup>, haciéndolo fallar en su totalidad.

Un ejemplo aclaratorio de lo descrito surge al comparar la instalación del mejor y más costoso refugio minero del mundo en las labores mineras, sin considerar las capacitaciones necesarias, sin incorporar un eficiente sistema de alarma que avise al trabajador sobre la ocurrencia de una emergencia, o sin un mecanismo de análisis que permita la actualización en tiempo real de la proyección del desempeño del refugio asociado a su ubicación y al desarrollo y expansión permanente de la mina. Con la instalación del mejor motor del

---

<sup>5</sup> Para la presente investigación exploratoria, entiéndase por objetivo general, al cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad y requisitos de la norma Ohsas 18001 aplicables al sistema de refugios mineros expuestos en el sub capítulo 5.2.4.1

mundo en un automóvil que no cuente con un conductor capacitado, o que tenga un mal dispositivo de encendido, que no tenga neumáticos, con un pésimo radiador, o frenos inservibles. Nótese que esta comparación nos da una clara idea de la definición de SISTEMA y la interdependencia que se origina en sus elementos, al interactuar en busca de cumplir el objetivo general).

### **5.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES DINÁMICAS**

La presente investigación exploratoria, define como variables dinámicas a las variables que por la naturaleza de la operación minera, cambian constantemente de valor en el tiempo. Asimismo establece que las variables dinámicas son funciones que dependen del tiempo, de la longitud de la mina o labor minera, o de la combinación de estas.

Por consiguiente, se establece que un valor dado de estas variables, corresponden únicamente a un tiempo o longitud específica de la mina, razón por la cual los estudios o evaluaciones de refugios mineros, deben expresar las variables dinámicas como modelos matemáticos que permitan el análisis permanente de funciones dependientes del tiempo, de la distancia o de ambas.

### **5.4 DEFINICIÓN DE FASES DEL PROCESO**

Se define fases del proceso, aquellas en las que se desarrollan las actividades de la mina pudiendo ser de tres tipos.

A) Fase normal del proceso

Es aquella en la que se desarrollan las actividades rutinarias de la operación minera, tales como la perforación y voladura de rocas, el relleno de labores, la instalación del sostenimiento, entre otras relacionadas al ciclo de minado. Asimismo, producto de la ejecución de estas actividades comunes se posibilitan y controlan riesgos inherentes a las mismas.

B) Fase anormal del proceso

Es aquella donde se desarrollan actividades que no forman parte del proceso normal de minado, pero que se llevan a cabo a razón de implementar y probar nueva tecnología, probar variantes en los métodos de minado, o efectuar acciones que no forman parte del ciclo normal, pero que se requieren realizar para preparar o normalizar el ciclo, como por ejemplo la recuperación y habilitación de labores abandonadas. Asimismo se establece que los riesgos presentes a esta fase del proceso son riesgos particulares que no se encuentran en la fase normal por lo que requieren un análisis particular de la actividad a realizar para poder controlar sus riesgos particulares.

C) Fase de emergencia de los procesos

Es aquella donde a razón de no controlar los riesgos en la fase normal o anormal de los procesos, se han producido incidentes que requieren un control a fin de que no alcancen un mayor nivel de severidad o daño al ya producido.

Asimismo, en esta fase se posibilitan riesgos adicionales, a consecuencia de desarrollar nuevas actividades orientadas a la contención o mitigación del evento dañino, que pueden llevar a nuevas pérdidas por lo que el control de estos riesgos deben ser ejecutadas por personal con formación especializada para esta condición.

## **5.5 DEFINICIÓN DE HERRAMIENTAS DE PROYECCIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS REFUGIOS MINEROS**

El presente estudio exploratorio, define como herramientas de proyección del desempeño, a aquellas que permitan la toma y registro de información acerca del posible resultado de la utilización del refugio minero en una emergencia real, permitiendo realizar los cambios necesarios para proyectar un mejor resultado esperado para las diferentes etapas y condiciones cambiantes de la mina. Estas herramientas son entre otras: El programa de simulacros, y las simulaciones matemáticas.

Asimismo se considera a la simulación matemática, como una herramienta base para validar la primera configuración o distribución inicial de los refugios mineros en interior mina, así como la herramienta necesaria para diseñar y conocer el momento en el cual se debe implementar una nueva configuración o ubicación de los refugios mineros acorde al control de riesgos y al crecimiento de la mina.

La presente investigación exploratoria, establece que las variables que determinan el desempeño del sistema de refugios mineros son de alto

dinamismo, cambiando sus valores constantemente, por lo que las herramientas de análisis para proyectar el desempeño de los refugios mineros deben ser de naturaleza Informática, incluyendo el uso softwares que faciliten la administración y el análisis de la información proveniente de las variables dinámicas que a su vez deben ser expresadas como funciones matemáticas que serán datos de entrada del software.

## **5.6 MARCO LEGAL PARA IMPLEMENTAR REFUGIOS MINEROS**

Las implementaciones de refugios mineros que se vienen realizando en el Perú, se hacen dentro del ámbito legal establecido para Planes de Contingencia o Respuesta a Emergencia, Cuya obligatoriedad es establecida mediante la LEY N° 28551 (Ley que establece la obligación de elaborar y presentar planes de contingencia). Y cuyos requisitos funcionales se establecen el DS 055 – 2010 – EM “Reglamento de Seguridad Ocupacional en Minería” el cual indica:

**Art 138° DS 055 – 2010 – EM: “En toda mina subterránea se construirá estaciones de refugio para que, en caso de siniestro, el personal tenga dónde aislarse y quede provisto de aire, agua potable en una cantidad mínima de consumo para setenta y dos (72) horas y un sistema de comunicación adecuado para facilitar su salvataje. El personal será instruido sobre la ubicación de dichas estaciones”.**

**Art 233°. Inc h) e i) DS 055 – 2010 – EM: “Además de las vías de acceso a la superficie, se debe construir o proveer un tipo de refugio para todos**

**los trabajadores que no puedan alcanzar la superficie desde su lugar de trabajo en el lapso de una (01) hora, utilizando los métodos normales de salida. Estos refugios deben estar ubicados de tal forma que los trabajadores puedan llegar a uno de ellos dentro de treinta (30) minutos desde el momento que dejaron su lugar de trabajo. Las áreas de refugio deberán ser de construcción resistente al fuego y de preferencia ubicadas en áreas donde no haya sostenimiento con madera, y ser lo suficientemente amplias para acomodar rápidamente al número de trabajadores en esa área particular de la mina, construidas herméticamente, tener líneas de aire y agua y contar con herramientas adecuadas”.**

Es necesario indicar que la dispersión en la numeración de estos artículos mencionados, se debe a que el artículo 138 forma parte de los requisitos legales para la gestión de la seguridad y salud ocupacional, y el artículo 233, es parte de los requisitos legales para la gestión de las operaciones mineras.

## **5.7 IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS EN EL PERÚ**

Desde el año 2010, son muchas las minas subterráneas que vienen o han implementado refugios mineros considerando los requisitos sobre estos, establecidos en la legislación minera

La presente investigación exploratoria, presenta las implementaciones realizadas en las Unidades Mineras Huarón de Pan American Silver Perú, y

de la Unidad San Cristóbal de Volcan Compañía minera S.A.A. como casos particulares de los cuales se pretende alcanzar algunas generalizaciones.

### **5.7.1 PAN AMERICAN SILVER S.A - UNIDAD MINERA HUARÓN**

Pan American Silver Corp., es una empresa de capitales Canadienses, que a través de Pan American Silver Perú S.A.C., viene operando la Unidad Minera Huarón, ubicada en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, en la vertiente de los andes, zona central del país, a 4534 m sobre el nivel del mar.

El método de minado empleado en la explotación del yacimiento minero Huarón, es el de corte y relleno ascendente, con relleno hidráulico, siendo el drenaje del agua de mina por gravedad a través del Nivel 4250, Teniendo como objetivo comercial la producción de concentrados principalmente de Plomo – Plata.

El año 2009, La empresa consultora BMB Consulting, a solicitud de Pan American Silver Perú, Unidad Huarón, Inicia el estudio técnico para implementar refugios mineros en cumplimiento de la legislación nacional y de los estándares corporativos que la empresa matriz establece para sus operaciones a nivel mundial

Este estudio técnico se realizó bajo las siguientes consideraciones:

A) Considerar al refugio minero como un control en fase de emergencia del riesgo de incendio interior mina. Razón por la cual, se requiere conocer y

registrar parámetros operacionales del sistema productivo de la Unidad Minera que involucren al riesgo de incendios.

B) La implementación de refugios mineros debe desarrollarse en base al estudio de riesgos de la organización. De esta manera se determinará y priorizará las zonas con mayor criticidad o necesidad de contar con refugios mineros <sup>6</sup>.

### **5.7.2 VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A - UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL**

Volcan Compañía Minera S.A.A. es una empresa minera de capitales Peruanos, la cual viene operando la Mina San Cristóbal, la cual es una de las 4 minas que comprenden la Unidad Yauli, ubicada a 40 kilómetros de la ciudad de La Oroya y a 170 kilómetros de la ciudad de Lima.

Los métodos de explotación empleados en Mina San Cristóbal, comprenden el corte y relleno ascendente con relleno hidráulico y detrítico; Y el hundimiento por subniveles para lo cual se emplea voladuras con taladros largos entre subniveles de 12 a 15 metros de altura o desnivel. Teniendo como objetivo comercial la producción de concentrados principalmente de Zinc y concentrados de cobre, ambos con contenidos de plomo y plata.

Como parte de los trabajos de mejora, el año 2011 se implementa el área de Respuesta a Emergencias, la cual, en trabajos coordinados con el área de

---

<sup>6</sup> El detalle de la evaluación de implementación realizada en la Unidad Huarón se muestra en el apéndice N° 1

operaciones mina y el área de seguridad, el año 2012 inician la implementación de refugios mineros en las instalaciones subterráneas de Mina San Cristóbal.

Esta implementación de refugios se realizó bajo las siguientes consideraciones:

A) Considerar al refugio minero como un elemento parte del sistema de respuesta a emergencia de la mina, y cuya implementación obligatoria, está claramente establecida en la reglamentación nacional, con detalle en el D.S 055-2010-EM.

B) Los antecedentes y registros históricos sobre las emergencias que requieran la utilización de estos refugios, tal como es el caso de Incendios, inundaciones o derrumbes son inexistentes, por lo cual, bajo un enfoque de control por nivel de criticidad, la implementación de refugios mineros es una necesidad inmediata más de carácter legal, que operacional, para lo cual, Volcan Compañía Minera, también tiene un claro compromiso de cumplimiento al respecto.

C) Los riesgos que pueden convertirse en emergencias que requieran la utilización de refugios mineros son de baja probabilidad de ocurrencia debido a las características del terreno y condiciones de la mina. Pero a pesar de esto, son debidamente controlados mediante controles de ingeniería, tal como son:

el control geomecánico, el diseño de accesos y rutas de escape, los sistemas contra incendios, entre otros<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> El informe sobre la implementación de Refugios mineros en la Unidad San Cristobal, Volcan Compañía Minera S.A.A se muestra en el apéndice N°2

## **CAPITULO VI**

### **FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

#### **6.1 HIPÓTESIS**

**“Las cámaras o mecanismos que se emplean como refugios mineros subterráneos, son elementos componentes del sistema de gestión de seguridad de las organizaciones. Por lo que la implementación de estos refugios, debe realizarse con criterios tanto técnicos como de gestión acordes a este concepto, que permita integrar coherentemente estas cámaras o mecanismos al Sistema de Gestión de Seguridad y le permitan tener un buen desempeño ante la ocurrencia de una emergencia.”**

#### **6.2 VARIABLES**

A fin de brindar el punto de partida de una posible metodología de análisis, agrupar, clasificar, relacionar y administrar las múltiples variables que pueden presentarse en los diferentes casos particulares de implementación de refugios mineros en minería subterránea, la presente investigación exploratoria, establece la siguiente clasificación de variables.

### **A) Variables Independientes Principales**

Son aquellas variables presentes en toda implementación de refugios mineros relacionadas a la razón o causa raíz para implementar refugios y que caracterizan las condiciones de trabajo y del ambiente bajo las cuales será implementado, mantenido y sometido el sistema de refugios mineros. Asimismo estas variables dimensionan la complejidad de todas las demás variables involucradas.

En la presente investigación exploratoria, se establece a los “**Riesgos de la mina**” y la “**Dimensión de la mina**”, como variables independientes principales, que afectarán directa o indirectamente a todas las demás variables dependientes que se puedan presentar.

### **B) Variables Dependientes de Primer Nivel**

Son aquellas variables que son afectadas en forma directa por las variables independientes principales. La presente investigación exploratoria, establece que las variables dependientes de primer nivel son: el “**Análisis de los riesgos con potencial de ser emergencias en una unidad minera**”, y los “**Parámetros y elementos operacionales**” involucrados con el uso de refugios mineros en estas emergencias. Asimismo se establece que los parámetros y elementos operacionales en mención, tienen como característica principal ser cuantitativos, siendo expresados numéricamente en cantidad de

unidades, dimensiones geométricas, temperaturas, volúmenes, velocidades, tiempos, o la combinación de estas magnitudes.

### **C) Variables Dependientes de Segundo Nivel**

Son aquellas que son afectadas directamente por las variables dependientes de primer nivel. La presente investigación exploratoria, establece que las variables dependientes de segundo nivel son: las **“Herramientas de gestión de seguridad”**, establecidas para los refugios mineros, e indispensables para el buen desempeño y/o buen uso de los mismos en las condiciones de emergencia interior mina.

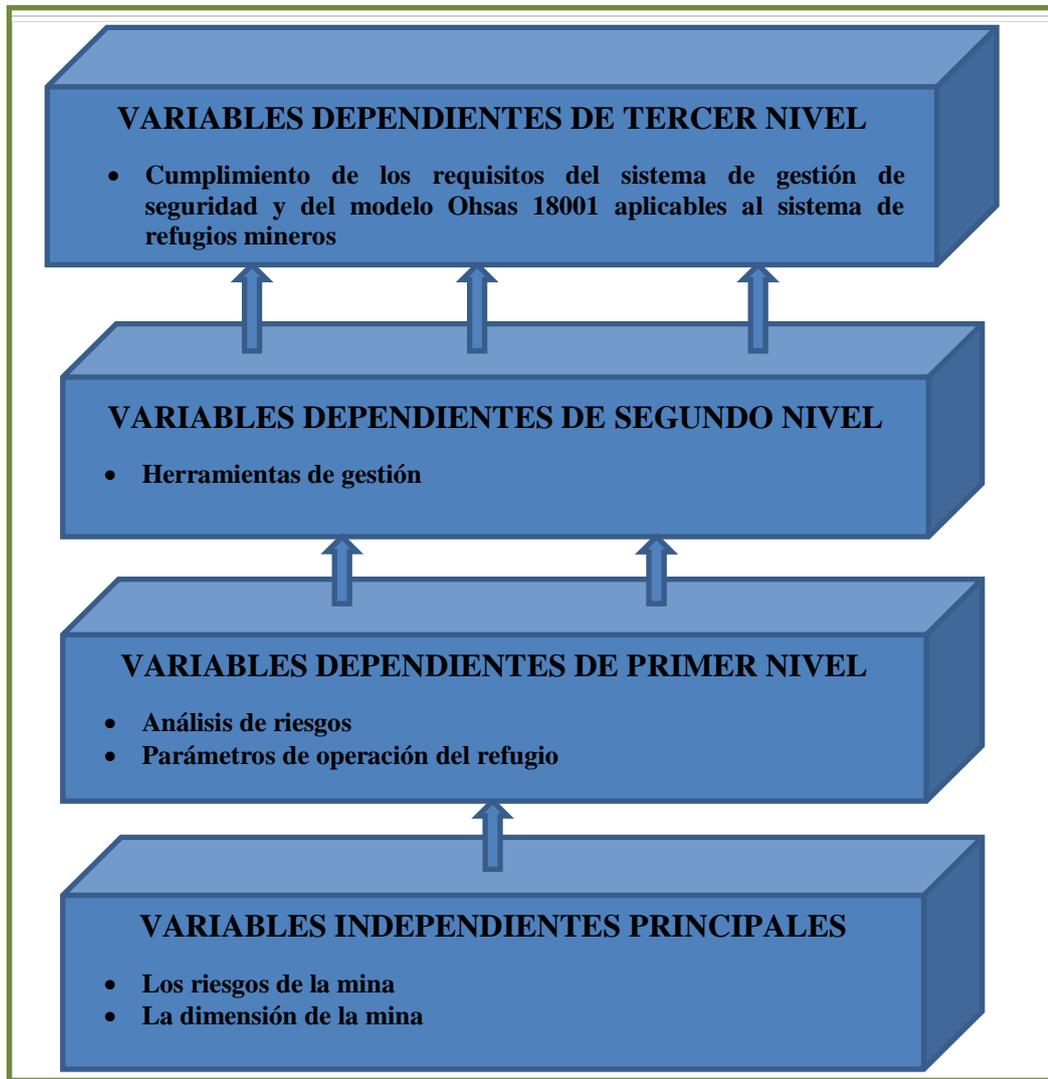
Estas herramientas de gestión son, los procedimientos, las capacitaciones, las inspecciones, los estudios técnicos entre otros. Que se desarrollarán en frecuencia, nivel técnico, complejidad, entre otros aspectos, de forma diferente en cada unidad minera, en función a las características de las variables dependientes de primer nivel presentes en dicha unidad minera en particular.

### **D) Variables Dependientes de Tercer Nivel**

La presente investigación exploratoria establece como variable dependiente de tercer nivel, al **“Nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de Seguridad y de los requisitos de la norma OHSAS 18001 aplicables al sistema de refugios mineros”**. Siendo este nivel de

cumplimiento un resultado medible y dependiente de todas las demás variables ya mencionadas.

Entiéndase principalmente que los requisitos del sistema de gestión de seguridad buscan controlar los riesgos presentes en las operaciones mineras en la fase normal, anormal y de emergencia, con controles acordes a la naturaleza y magnitud de los riesgos de dicha operación.



**Figura 6.1** Clasificación de las variables según su nivel de dependencia (riesgos de la mina y la dimensión de la mina como variables independientes principales).

**Fuente:** Elaboración Propia

## **6.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES PRINCIPALES**

### **6.2.1.1 Riesgos de la Mina**

Las empresas mineras, como parte de su gestión de la seguridad<sup>8</sup> y a través del análisis de riesgos, identifica, caracteriza y administra los riesgos presentes en la unidad minera, como también define, dimensiona y caracteriza los controles adecuados para dichos riesgos en la fase normal, anormal y de emergencia de sus procesos productivos.

En ese contexto, la presente investigación exploratoria, define acorde a los principios de la gestión de la seguridad, que los refugios mineros son parte de los controles establecidos para determinados riesgos identificados en una posible fase de emergencia de los procesos mineros.

En consecuencia, la implementación de refugios mineros, es un control proveniente de la conclusión de todo un proceso de análisis que parte de la naturaleza de los riesgos de una determinada unidad minera.

Riesgos, que en función a su caracterización y al nivel de severidad alcanzable, establecen las características y condiciones a las que será sometido un determinado refugio minero durante la ocurrencia emergencia.

Asimismo, es evidente que los riesgos cambian su severidad o probabilidad de ocurrencia, en función a los cambios en las condiciones que los posibilitan,

---

<sup>8</sup> La gestión de la seguridad es la aplicación de los principios de la administración profesional a la seguridad y la salud ocupacional. (D.S 055 – 2010 - Em Art. 7)

por tal razón, el análisis de riesgos es un proceso permanente, que convierte a la evaluación de controles como el sistema de refugios mineros, en un análisis también permanente y dependiente de los riesgos de la mina.

#### **6.2.1.2 Dimensión de la Mina**

La presente investigación exploratoria, establece que la dimensión de la mina es una variable que referencia tácitamente: la expansión volumétrica con desplazamientos en vertical y horizontal de la mina, el tipo y diseño de labores, el nivel de mecanización, la cantidad de personal, entre otros aspectos relacionados al nivel de producción.

Asimismo establece que una determinada dimensión de la mina, fija temporalmente parámetros operacionales que corresponden también a parámetros y/o elementos del sistema de refugios mineros como pueden ser: las distancias de desplazamiento desde las labores mineras alejadas al refugio más cercano, el flujo de ventilación, el tiempo efectivo de aviso del sistema de alarma, el tiempo de inundación de un determinado nivel, entre otros.

Ya que las unidades mineras están en permanente expansión y desarrollo de sus labores, la dimensión de la mina cambia constantemente, haciendo cambiar por ende a todas las variables dependientes de primer nivel, que en la secuencia de causalidad establecida por la presente investigación exploratoria, afectarán al cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad relacionados a los refugios mineros, parámetro principal de la presente investigación.

## **6.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES DE PRIMER NIVEL**

### **FRECUENTES**

Ya que el número de variables dependientes de primer nivel presentes en la implementación de refugios mineros, será establecido en cada mina en función a la naturaleza de los riesgos y a la complejidad operativa de la unidad minera, la investigación exploratoria establece las siguientes variables dependientes de primer nivel como **variables dependientes de primer nivel frecuentes**, las cuales se encontrarán dentro del total de variables que cualquier empresa minera realice para implementar su sistema de refugios mineros en su búsqueda del cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad.

Asimismo, se presenta modelos de análisis de estas variables, a fin de facilitar el entendimiento de los conceptos generales de “Sistema de refugios” expuestos en la presente investigación.

#### **6.2.2.1 Análisis de Riesgos Asociado a la Implementación de Refugios Mineros**

Esta variable dependiente de primer nivel frecuente, es la encargada de verificar que el sistema de refugios mineros se asocie asertivamente y guardando la definición de control acorde a la naturaleza y magnitud de los riesgos, con los riesgos definidos o clasificados como potenciales emergencias o siniestros, que fueron seleccionados del inventario de riesgos

de la unidad minera. Cumpliendo así, algunos de los requisitos del sistema de gestión de seguridad aplicados al sistema de refugios mineros. Establecidos para las empresas mineras a nivel nacional y guardando la secuencia de Peligro-Riesgo-Control, para la implementación de refugios en concordancia con los criterios de la gestión profesional de la seguridad.

#### **6.2.2.2 Tiempo Efectivo en la Percepción de la Alarma de Evacuación Minera**

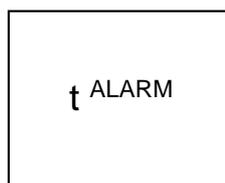
Esta variable dependiente de primer nivel frecuente, tiene gran incidencia sobre el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad aplicables al sistema de refugios mineros.

La variable “**Tiempo efectivo en la percepción de la alarma de evacuación minera**” comprende el tiempo en minutos que toma reportar la ocurrencia de un siniestro en interior mina, el tiempo en que la persona encargada evaluará la severidad del siniestro, el tiempo para autorizar y activar la alarma minera, y el tiempo en que el trabajador percibirá la alarma luego de ser activada.

Asimismo, la variable “**Tiempo efectivo en la percepción de la alarma de evacuación minera**” está en función del tipo de alarma empleada por la empresa minera, del soporte y performance que la alarma minera tendrá en un determinado escenario y tipo de emergencia, entre otros factores que son asociados a la variable independiente principal “**Dimensión de la mina**” y/o a la variable independiente principal, “**Riesgos de la mina**”.

También se establece que a medida que la mina cambie sus condiciones, crece, se expande, o el sistema de alarma deje de actualizarse, el tiempo de percepción de la alarma minera deberá incrementarse.

A fin de mostrar el efecto de esta variable sobre el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión con ejemplos explicativos que se mostrarán más adelante, llamaremos al tiempo efectivo en minutos en que la alarma es percibida por los trabajadores en interior mina, medido desde ocurrida la emergencia, como la variable:



**Figura 6.2.** Símbolo que representa el tiempo efectivo de percepción de la alarma minera por parte de los trabajadores

### **6.2.2.3 Número Máximo de Personas en Una Labor y Una Etapa del Ciclo de Minado**

Esta variable dependiente de primer nivel frecuente, tiene gran incidencia sobre el nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad aplicables al sistema de refugios mineros. Asimismo, esta variable es función dependiente del tipo de minado, tipo de actividad, del desarrollo tecnológico, entre otros, que guardan relación con la variable independiente principal “**Dimensión de la mina**”.

La presente investigación exploratoria establece que el número máximo de personas (NMP), en un tipo de labor, en una determinada etapa del ciclo de minado, se puede expresar mediante una función dependiente del tiempo  $NMP(t)$  con  $t \in [0: 24]$  intervalo que representa las horas del día, y que la función dependiente del tiempo, puede ser utilizada como dato de ingreso en un estudio técnico de refugios mineros realizado para una mina en particular.

A manera de ejemplo explicativo, a continuación se muestran datos simulados de todo el personal presente en un frente de avance (Crucero) en sección 4 x 4 m durante las horas del día, relacionado a la etapa del ciclo de minado (Actividad), a partir de la cual se genera la función  $NMP(t)$ .

### Ejemplo 1

**Tabla 6.1.** Personal presente en un crucero de 4 X 4 .,

<b>CANTIDAD DE PERSONAL EN UN CRUCERO DE 4 X 4 M</b>			
<b>Hora Inicio</b>	<b>Hora fin</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad estándar de personas</b>
09:00	10:00	Preparativos	3
10:00	12:30	Perforación	3
12:30	13:30	Carguío y voladura	5
13:30	16:30	ventilación	0
16:30	17:30	Desate	3
17:30	00:00	Limpieza y sostenimiento	4
00:00	09:00	Ninguna.	0

La función  $NMP(t)$ , que expresa la cantidad de personas presentes en una determinada hora del día en un crucero de 4 X 4 m, se definiría como la función escalonada:

$$NMP(t) = \begin{cases} 0 & \text{si } 0:00 \leq t < 09:00 \\ 3 & \text{si } 9:00 \leq t < 12:30 \\ 5 & \text{si } 12:30 \leq t < 13:30 \\ 0 & \text{si } 13:30 \leq t < 16:30 \\ 3 & \text{si } 16:30 \leq t < 17:30 \\ 4 & \text{si } 17:30 \leq t \leq 24:00 \end{cases}$$

#### 6.2.2.4 Velocidad Equivalente de Desplazamiento del Personal

Esta variable dependiente de primer nivel frecuente, no es más que la transformación de las diferentes velocidades no constantes que tiene un trabajador al desplazarse por una labor minera, en una velocidad uniforme que ocasiona el mismo desplazamiento en la misma cantidad de tiempo. Asimismo, esta variable también tiene gran incidencia sobre el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad aplicables al sistema de refugios mineros.

Esta variable frecuente es función dependiente del tipo de labor minera y de la longitud total a recorrer, que a su vez se asocian a la variable independiente principal “**Dimensión de la mina**”.

La presente investigación establece que la velocidad equivalente de desplazamiento en un tipo de labor minera (VED), se puede expresar mediante una función dependiente de la longitud de la labor minera VED ( $L$ ), con  $L \in [0: \infty>$ , intervalo que representa la longitud de la labor, y que

la función puede ser utilizada como dato de ingreso en un estudio técnico de refugios mineros realizado para una mina en particular.

A manera de ejemplo explicativo, a continuación se muestra datos tomados en la Unidad Minera San Cristóbal, sobre la velocidad promedio del personal en ascenso de una rampa de sección 4.5 X 4.5 m para diferentes distancias totales a recorrer a partir de la cual se genera la función VED (L).

## Ejemplo 2

**Tabla 6.2.** Velocidad equivalente de traslado del personal en una rampa positiva

<b>VELOCIDAD EQUIVALENTE DE TRASLADO DEL PERSONAL EN UNA RAMPA POSITIVA DE SECCIÓN 4.5 X 4.5 m y PENDIENTE DE 12 %</b>	
<b>Longitud total recorrida partiendo del mismo punto</b>	<b>Velocidad Equivalente</b>
15 metros	44 m/min
25 metros	41 m/min
35 metros	39.5 m/min
45 metros	38 m/min
55 metros	36.2 m/min
65 metros	33 m/min

La función VED(L), que expresa la velocidad equivalente de los trabajadores al desplazarse por una rampa positiva de sección 4.5 X 4.5 m y particularmente con pendiente 12%, se define como la función escalonada:

$$VED(L) = \begin{cases} 44 \text{ m/min si} & 0 \leq L < 15 \\ 41 \text{ m/min si} & 15 \leq L < 25 \\ 39.5 \text{ m/min si} & 25 \leq L < 35 \\ 38 \text{ m/min si} & 35 \leq L < 45 \\ 36.2 \text{ m/min si} & 45 \leq L < 55 \\ 33 \text{ m/min si} & 55 \leq L < 65 \end{cases}$$

En consecuencia, se puede obtener el tiempo de desplazamiento (td) en minutos para una determinada longitud de rampa positiva de gradiente 12% en dependencia de la longitud, con la función por partes:

$$td(L) = \begin{cases} L/44 & \text{si} & 0 \leq L < 15 \\ L/41 & \text{si} & 15 \leq L < 25 \\ L/39.5 & \text{si} & 25 \leq L < 35 \\ L/38 & \text{si} & 35 \leq L < 45 \\ L/36.2 & \text{si} & 45 \leq L < 55 \\ L/33 & \text{si} & 55 \leq L < 65 \end{cases}$$

Todas estas variables dependientes de primer nivel frecuentes, brindan la información de entrada para dimensionar y diseñar las variables de segundo nivel, necesarias para facilitar el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad aplicados al sistema de refugios mineros.

### **Ejemplo 3**

A fin de contar con información para elaborar los estándares y procedimientos que garanticen la salvaguarda de trabajadores que empleen un refugio minero, se desea proyectar el escenario de emergencia entorno a un determinado refugio, esta proyección consiste en estimar el número de trabajadores presentes al tope de una rampa con 12% de pendiente y 60 m de avance, que deberán utilizar el refugio ubicado al inicio de esta rampa,

además se desea proyectar el tiempo en que estos trabajadores llegarán a dicho refugio si inician su evacuación luego de percibir la alarma minera que ha sido activada a las 10:00 horas del día, debido a la ocurrencia de una gran emergencia sucedida en una labor cercana a las 09:50 horas del día.

Solución:

Para este caso explicativo definiremos a T como la hora del día en que sucede la emergencia y a TP la hora del día proyectada en que los trabajadores llegarán al refugio minero en busca de su salvaguarda. De esta definición se concluye de  $(TP > T)$ . Además, se define a NMP (9:50 am +  $t^{\text{alarm}}$ ) como la cantidad de trabajadores presentes en la labor minera, al momento de conocer por medio de la alarma la ocurrencia de una emergencia, iniciando en ese mismo instante el desplazamiento hacia el refugio minero.

Adicionalmente, tomando la información de los simulacros de evacuación minera, donde se activó el sistema de alarma con gas ethanotiol, efectuados en mina Huarón y mina San Cristóbal, se afirma que la llegada de gas a las labores más lejanas luego de activada la alarma es 35 minutos como mínimo.

Luego, por definición se afirma que:

$$t^{\text{ALARM}} = 10 \text{ min} + 35 \text{ min} = 45 \text{ min} \quad \text{y}$$

$$TP = 9:50 \text{ am} + t^{\text{ALARM}} + t^d$$

Tomando en cuenta el ejemplo explicativo n°1 y n° 2 y reemplazando datos:

- Número de trabajadores presentes al percibir la alarma:

$$\begin{aligned} \text{NMP}(t) &= \text{NMP}(9:50 \text{ am} + t^{\text{ALARM}}) = \text{NMP}(9:50 \text{ am} + 45 \text{ min}) = \\ &\text{NMP}(10:35) \quad \text{NMP}(10:35) = 3 \text{ Personas presentes.} \end{aligned}$$

- Tiempo de desplazamiento hacia el refugio ( $t^d$ ):

$$t^d(L) = t^d(60) = 60/33 = 1.8 \text{ minutos} = 1 \text{ minutos, } 48 \text{ segundos.}$$

Finalmente

$$\text{TP} = 9:50 \text{ am} + t^{\text{ALARM}} + t^d$$

$$\text{TP} = 9:50 \text{ am} + 45 \text{ min} + 1.8 \text{ minutos}$$

$$\text{TP} = 10 \text{ hrs} : 36 \text{ min} : 48 \text{ seg.}$$

Nótese que si la emergencia en particular fuese por ejemplo una inundación de mina, y que la inundación de la rampa del ejemplo mostrado se da en un tiempo de 20 minutos, las condiciones operacionales actuales para el uso del refugio minero, lo convierten en un control NO efectivo y NO acorde a la naturaleza y magnitud de ese riesgo de inundación.

Asimismo, el presente ejemplo brinda una introducción a lo que la investigación exploratoria definirá dentro de su interpretación como: “tiempo crítico de hermetización del refugio minero”.

### **6.2.3 VARIABLES DEPENDIENTES DE SEGUNDO NIVEL**

#### **FRECUENTES**

##### **6.2.3.1 Herramientas de gestión de seguridad.**

Partiendo de la información brindada por las variables dependientes de primer nivel, se generarán y diseñarán los nuevos elementos, denominados variables dependientes de segundo nivel.

Las variables dependientes de segundo nivel son “**Las herramientas de gestión de seguridad**”, concernientes y/o aplicadas a refugios mineros tal como: el estudio de refugios mineros, los procedimientos, los estándares, los programas de capacitación, los programas de inspección y mantenimiento de los refugios mineros, las herramientas de evaluación y mejora continua, entre otras, que son resultado de administrar y sintetizar la información brindada por las variables dependientes de primer nivel y generar mecanismos que faciliten el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad aplicables al sistema de refugios mineros.

Es importante reiterar que estas herramientas de gestión de seguridad, deben ser **DISEÑADAS** de acuerdo a parámetros particulares de la unidad minera, tal como: la rotación de personal de la empresa, la velocidad de crecimiento de la mina, el tipo y cambio en el nivel de riesgos asociados a los refugios mineros, etc, los cuales son elementos componentes y/o relacionados con las variables independientes principales expuestas en la presente investigación.

## **6.2.4 VARIABLE DEPENDIENTE DE TERCER NIVEL**

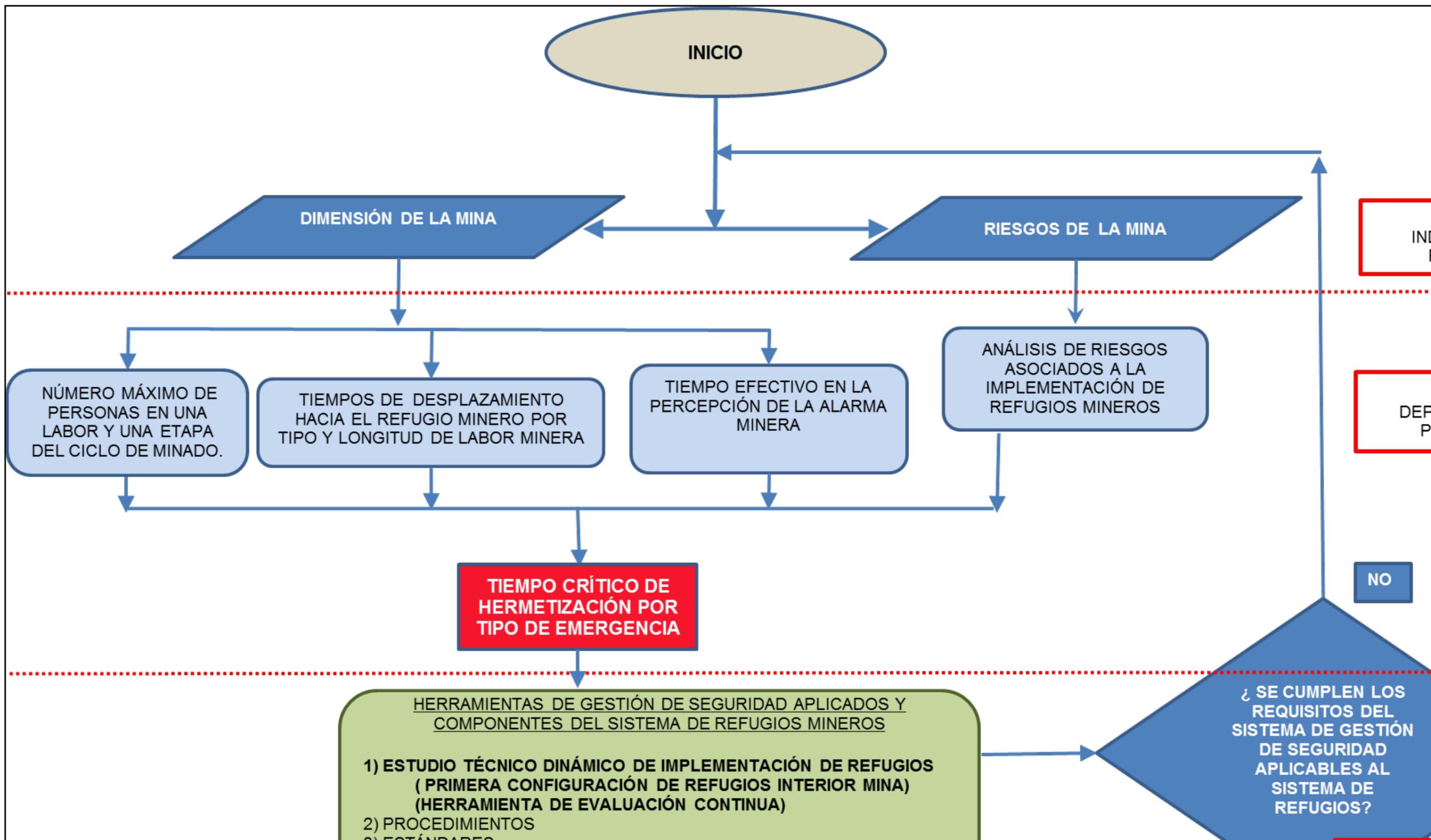
### **FRECUENTE**

**6.2.4.1 Nivel de Cumplimiento de los Requisitos del Sistema de Gestión de Seguridad y de la Norma OHSAS 18001** La presente investigación exploratoria establece como variable dependiente de tercer nivel, al nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad y del modelo Ohsas 18001 aplicables a la implementación de refugios mineros.

Entiéndase que los requisitos a los que se hace mención, son aquellos que también comprenden los requisitos lógicos que un trabajador minero requiere de su sistema de refugios mineros, tal como: Un buen mantenimiento y funcionamiento del refugio, una adecuada ubicación en las labores mineras que garantice llegar a este en una emergencia, un ambiente y secuencia de trabajo que facilite desplazarse hacia el refugio en casos de emergencia, características o propiedades del refugio que garanticen la supervivencia del personal que se encuentre atrapado en la mina producto de un determinado tipo de emergencia, estar capacitado y entrenado para usar el refugio y saber qué acciones se debe emprender durante su permanencia al interior de este

La presente investigación establece que los requisitos lógicos mencionados, son contenidos y formalizados dentro de los requisitos del sistema de gestión de seguridad expuestos en el D.S 055-2010-EM, y expuestos en los requisitos de la norma Ohsas 18001. Aplicables al sistema de refugios mineros como parte componente del sistema de gestión de seguridad.

También establece que la medición del nivel de cumplimiento, se realizará mediante un indicador, que considera los requisitos ya mencionados, y que se muestra a continuación.



INICIO

DIMENSIÓN DE LA MINA

RIESGOS DE LA MINA

NÚMERO MÁXIMO DE PERSONAS EN UNA LABOR Y UNA ETAPA DEL CICLO DE MINADO.

TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO HACIA EL REFUGIO MINERO POR TIPO Y LONGITUD DE LABOR MINERA

TIEMPO EFECTIVO EN LA PERCEPCIÓN DE LA ALARMA MINERA

ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS

**TIEMPO CRÍTICO DE HERMETIZACIÓN POR TIPO DE EMERGENCIA**

HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD APLICADOS Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFUGIOS MINEROS

- 1) ESTUDIO TÉCNICO DINÁMICO DE IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS (PRIMERA CONFIGURACIÓN DE REFUGIOS INTERIOR MINA) (HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN CONTINUA)
- 2) PROCEDIMIENTOS
- 3) ESTÁNDARES

¿SE CUMPLEN LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD APLICABLES AL SISTEMA DE REFUGIOS?

NO

INDICACIONES

DEFINICIONES

## CAPITULO VII

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

#### 7.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación a emplearse es el **método inductivo incompleto de conclusión probable** aplicado a una **Investigación exploratoria**.

La inducción es un procedimiento mediante el cual, a partir de hechos singulares, tal como fue la implementación de refugios mineros en dos empresas mineras diferentes, se pasa a generalizaciones, lo que posibilita desempeñar un papel fundamental en la formulación de la hipótesis. Algunos autores la definen como una forma de razonamiento por medio del cual se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales.

Asimismo se tiene presente que la inducción a realizar es del tipo incompleta, porque el universo de casos de implementación no se limita solo a las 2 implementaciones de refugios mineros, siendo muchas más las implementaciones que se realizan y se realizarán tanto en el Perú como a

nivel mundial. Sin embargo, el hecho de investigar sobre dos implementaciones particulares que forman parte del universo, nos lleva a generar conclusiones iniciales y probables, propias de una investigación exploratoria, que serán verificadas o refutadas a medida que se realicen cada vez mayor cantidad de implementaciones de refugios mineros e investigaciones sobre estas implementaciones.

Finalmente, se define como investigación exploratoria, aquella investigación inicial sobre un tema complejo del cual casi no existen precedentes o metodología de análisis y que servirá como fuente de información, premisas a validar, o simplemente punto de partida de nuevas investigaciones, que afirmen o refuten los argumentos establecidos en la investigación exploratoria. Se puede considerar a la investigación exploratoria, como un primer aporte de análisis que promueva, ordene, o fije los parámetros de futuras investigaciones.

## **7.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación consiste en la utilización del diagrama de flujo, diseñado y expuesto en la presente investigación exploratoria (véase página 58); para presentar las implementaciones de refugios mineros realizadas en la Unidad Minera Huarón de Pan American Silver, y la Unidad Minera San Cristobal Volcan Compañía Minera S.A.A., Además de clasificar y estudiar las variables presentes en dichos trabajos, y analizar la relación causa - efecto

entre las variables y el nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad.

Asimismo, como parte de las variables de implementación, se estudiarán las actividades llevadas a cabo antes y durante la implementación de refugios mineros, identificando como “criterios relevantes” a aquellas actividades significativas para el mayor nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad.

A consecuencia de esto, se facilitará a las empresas mineras a nivel nacional, criterios y herramientas para implementar las cámaras o mecanismos de refugios acorde a lo establecido en el sistema de gestión de seguridad de las organizaciones, permitiéndoles alcanzar sus objetivos en lo concerniente a respuesta a emergencias mineras.

### **7.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La información empleada en la investigación, fue brindada de manera formal por las empresas Pan American Silver Mina Quiruvilca Unidad Huarón y Volcan Compañía Minera Unidad Yauli – San Cristobal Mediante informes concernientes a la implementación de refugios mineros los cuales se adjuntan en los apéndices de la presente investigación.

También se debe indicar, que los trabajos de implementación de refugios, si bien fueron ejecutados individualmente o por separado en ambas empresas. El

autor de la investigación, fue partícipe activo y presencial de estas implementaciones en ambas empresas.

Adicionalmente, en coherencia con el espíritu del trabajo en equipo y ayuda mutua con el que encamina sus acciones el personal que se ha formado para responder a emergencias, hasta la actualidad, el autor de la presente investigación, monitorea y colabora con las áreas de seguridad y respuesta a emergencia de dichas unidades mineras, lo que le permite contar con información actualizada concerniente a los sistemas de refugios en ambas empresas mineras.

## **7.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **7.4.1 ANÁLISIS DEL INFORME DE EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS EN LA UNIDAD HUARÓN**

La implementación de refugios mineros en la Unidad Huarón, se realizó conforme a lo indicado en el informe de evaluación para implementar refugios, presentado por la consultora BMB consulting, este informe, a continuación, es analizado en base al marco teórico y la definición e identificación de las variables establecidas en la presente investigación exploratoria.

#### **7.4.1.1 Variables Independientes Principales**

a) Los riesgos de la mina.

La Unidad Minera Huarón, realiza actividades que posibilitan riesgos entre los cuales se encuentran el gaseamiento (Intoxicación o asfixia con gases), inundación de mina, incendio, derrumbes, etc.

Estos riesgos, como parte de la gestión de la seguridad, se encuentran en el inventario de riesgos de la organización, con su respectivo nivel de severidad y probabilidad de ocurrencia.

Asimismo, el inventario de riesgos de la organización, considera que el nivel de severidad que pueden alcanzar los derrumbes, las inundaciones, las bolsonadas de gas dióxido de carbono y los incendios en interior mina, las define como potenciales emergencias.

Considerando esta información, se establece que el análisis para implementar refugios mineros, debe evaluar individualmente todos estos riesgos definidos como potenciales emergencias, sustentando técnicamente y bajo los conceptos que brinda la gestión profesional de la seguridad, la necesidad de implementar refugios mineros, o concluir si estos son innecesarios.

Si bien el informe de evaluación para la implementación de refugios mineros en la Unidad Huarón, señala como riesgo o razón principal para implementar refugios mineros al riesgo de incendio; esta afirmación no es sustentada técnicamente, ni se muestra como la conclusión de un proceso de análisis

proveniente del inventario de peligros y riesgos propios y particularmente presentes en la Unidad Huarón, dejando de lado y sin justificación formal, el análisis técnico de otros riesgos para los cuales la implementación de refugios mineros puede aplicar como control efectivo para minimizar la severidad de la emergencia, incluso de mayor necesidad y eficiencia que en el caso de un incendio interior mina en Huarón.

Asimismo, el riesgo de incendio ha sido evaluado sin emplear la normativa para determinar el nivel de riesgo de incendio, (NTP 350.043-1) y sin emplear normativas orientadas a riesgos específicos en equipos, instalaciones, o depósitos de combustible. Indicándose en el informe de la Unidad Huarón, niveles de riesgos que no consideran normas o criterios técnicos, condición que no permite realizar la comparación entre el nivel de riesgos de un incendio y el nivel de riesgo de otra emergencia a fin de determinar prioridades o criticidades.

En conclusión, el informe de evaluación para la Implementación de Refugios en la Unidad Huarón, señala al riesgo de incendio como riesgo principal para implementar refugios mineros, no considerando la posibilidad de que los refugios mineros sean requeridos para otro tipo de emergencia, dejando de lado la verificación técnica al respecto.

Esta forma de evaluación enfocada solo al riesgo de incendios, sustentada por criterios propios del autor del informe realizado en Huarón, no es medible y no toma en cuenta el inventario de riesgos propios de la mina y la información que brinda dicho inventario, ocasionando un distanciamiento

entre los refugios mineros, las herramientas del análisis profesional de la seguridad, y por inclusión, con el Sistema de Gestión de Seguridad de la empresa minera.

b) La dimensión de la mina

El informe de evaluación para la Implementación de Refugios para la Unidad Minera Huarón, describe de forma general la mina, sus niveles de operación, y sus labores.

Si bien esta información, es relevante para un estudio o evaluación para implementar refugios mineros, y fue considerada como dato de entrada de dicho estudio, la forma descriptiva (Sin considerar modelos matemáticos que representen la mina en función del tiempo) en que la consultora registra la información, no corresponde al enfoque técnico expuesto en la presente investigación exploratoria, consecuencia que se verá reflejada durante el análisis de las variables dependientes de primer nivel, generadas en su trabajo de evaluación.

#### **7.4.1.2 Variables Dependientes de Primer Nivel**

a) Análisis de riesgos asociados a la implementación de refugios mineros

El informe de evaluación para la implementación de refugios en la Unidad Huarón, muestra el análisis de riesgos en la fase de emergencia (ARFE).

Este análisis de riesgos, está orientado al riesgo de incendio y consiste principalmente en la descripción general de controles que no son más que los componentes de los sistemas contra incendio, empleados solo en la primera etapa o etapa inicial de dicho incendio.

Ya que los sistemas contra incendio son funcionales en la etapa inicial de la emergencia, resultando ineficientes para una etapa en la que el incendio alcance mayor proporción, surge la necesidad de emplear otro tipo de controles entre los cuales se incluye el uso del refugio minero,

Para el caso de la Unidad Huarón, se establece que el refugio minero, es un control asociado a una etapa del incendio, diferente a la etapa inicial o primera etapa donde el control adecuado son los sistemas contra incendio.

Por tal razón, el análisis técnico de riesgo de incendio a desarrollarse propiamente para una implementación de refugios mineros, debe contemplar la etapa inicial del incendio y **extenderse** a las etapas del incendio donde se torne incontrolable y se haga indispensable el uso del refugio.

Si bien existe un análisis de riesgo en la fase de emergencia (ARFE) contenido en el informe de evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, en este, solo se describe la posibilidad de ocurrencia de un incendio, caracterizándolo únicamente en su etapa temprana o inicial, sin extender este análisis a una etapa de mayor criticidad del incendio.

Este hecho ocasiona que NO se llegue a establecer con la debida contundencia, una relación de suficiencia entre la magnitud alcanzable del

riesgo de incendio con las características funcionales del refugio minero que garanticen que será de utilidad ante tal emergencia.

Por tal razón, se afirma que el análisis de riesgos que debió establecer que el control de refugios mineros, es acorde a la magnitud del riesgo de incendio, no se concretó

b) Tiempo Efectivo en la Percepción de la Alarma de Evacuación Minera

En el informe de evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, se hace mención del sistema de alarma empleado por mina Huarón para comunicar a los trabajadores la necesidad de evacuar la mina a razón de una emergencia.

Sin embargo, esta información se expresa en forma descriptiva, sin conocer el tiempo en que la alarma es percibida por el trabajador luego de ser activada en la casa compresora y sin analizar si el sistema de alarma logrará comunicar al trabajador en forma efectiva la ocurrencia de un incendio, antes que este se encuentre en una etapa, que por su magnitud, se haga ineficiente el uso del autorescatador.

Es importante resaltar que el análisis de riesgos, también brinda información sobre la magnitud y la forma en la que se desarrolla la emergencia,(Velocidad de desarrollo del evento) estableciendo las características que la alarma debe tener para contribuir al objetivo de salvaguarda del refugio minero.

Asimismo es necesario conocer las características de la alarma con más detalle que solo el descriptivo, es decir, conocer el tiempo real en que la alarma minera es percibida por los trabajadores en un determinado lugar de la mina para el cual se desea implementar los refugios mineros, para poder garantizar que la secuencia de sucesos planificados establecidos en el plan de respuesta a emergencia, tenga las condiciones para ejecutarse. (Control acorde a la naturaleza y magnitud de los riesgos)

**La presente investigación exploratoria establece que el estudio de la alarma minera, es muy relevante para el sistema de refugios mineros,** por lo que la falta de este estudio a detalle en el informe de evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón. Es un indicador que el método de evaluación empleado por la consultora, no garantiza que los refugios ubicados en los lugares recomendados en su informe, tengan las condiciones para tener buen desempeño ante una emergencia.

c) Tiempos de desplazamiento hacia el refugio minero, por tipo y longitud de labor minera

En el informe de evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, se indica que la distancia a la que un trabajador puede desplazarse en condiciones de difícil visibilidad, empleando el 50% de la capacidad nominal de un autorescatador es 750 metros. Asimismo se menciona como referencia, que el tiempo de desplazamiento establecido en la reglamentación Peruana, para que un trabajador llegue al refugio minero desde su lugar de trabajo

hasta dicho refugio es de 30 minutos. Siendo estos dos únicos datos, la información referente a desplazamientos y tiempos.

Si bien la inclusión de estos datos en el informe de evaluación de la Unidad Huarón, reflejan la relevancia de incluir variables de distancia y tiempos en las evaluaciones técnicas, **la presente investigación exploratoria establece que los desplazamientos en diferentes tipos de labores mineras subterráneas, tal como son los inclinados, galerías, chimeneas, rampas, entre otras, tienen diferentes tiempos promedio** y diferente comportamiento debido a la geometría y condiciones de la labor en particular, que facilitan o dificultan al trabajador entregar energía efectiva, a fin que logre desplazarse, ya sea en contra o a favor de la gravedad, con mayor o menor cantidad de movimientos, o con mayor o menor oposición de otros factores intrínsecos a la labor, por lo que las distancias y tiempos empleadas en una evaluación técnica, deben ser expresados fundamentalmente como propiedades correspondientes a un tipo específico de labor minera.

Asimismo, la presente investigación exploratoria, ha explicado e incluso identificado en la Unidad Minera San Cristóbal, (*Véase página 48,49 y 50*), que la velocidad promedio de desplazamiento, inclusive en un mismo tipo de labor, depende de la distancia total a recorrer, por lo que el estudio de desplazamiento y tiempos debe realizarse mediante modelos matemáticos, como los presentados en los ejemplos explicativos 1 y 2 de la presente investigación exploratoria, que permitan el análisis permanente, principalmente ante el crecimiento de la mina.

En consecuencia, emplear la referencia de tiempos y distancias provenientes de un estudio realizado en minas del extranjero<sup>9</sup>, sin correlacionar el tipo de labores en el que se desarrolló dicho estudio foráneo con las labores mineras de la Unidad Huarón, sin realizar la verificación en campo interior mina de esta premisa asumida, y sin considerar los diferentes tipos de labores presentes en la zona de influencia asignada al refugio minero, será considerada una información estática que conlleve al análisis estático de todos los elementos del sistema de refugios mineros, que por su naturaleza asociada a las operaciones de la mina, esta compuestos por elementos y variables estrictamente dinámicos.

d) Número máximo de personas en una labor y una etapa del ciclo de minado.

En el informe de evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, se brinda la información de la distribución de personal por niveles de la mina.

Esta información, es presentada de tal forma, que incurre en un análisis estático, lo que imposibilita responder a preguntas como: ¿cuánto personal se espera que emplee el refugio minero en caso de una emergencia a una determinada hora del día?, o ¿Cuál debe ser la capacidad del refugio para una determinada zona de la mina en función al planeamiento de minado?

---

<sup>9</sup> El estudio realizado en minas del extranjero, se refiere a la Guía de las Cámaras de Supervivencia en Minas Metálicas Subterráneas, del Departamento de Industria y Recursos de la División de Seguridad y Salud de Australia, empleado como material de referencia por BMB Consulting para desarrollar la evaluación de refugios mineros.

La presente investigación exploratoria, establece que la distribución de personas, debe expresarse en función de las actividades que se desarrolla en una determinada labor, y en una respectiva etapa del ciclo de minado, facilitando de esta manera el análisis dinámico tal como se muestra en el ejemplo explicativo 1° permitiendo relacionar al refugio minero con su zona de influencia.

A razón de lo expuesto, se afirma que el número máximo de personas en una labor y etapa del ciclo de minado, es una variable estimable en función del tipo de labor, además de altamente relevante para implementar refugios mineros, pudiendo incluso emplearse en la estimación de nuevos proyectos donde se cuente solo con el diseño de mina y aún no se realizan actividades ni se cuenta con personal. Además se establece que el modelo para la toma de esta información planteado por BMB Consulting, no le permitió utilizar técnica y dinámicamente esta información en su análisis de implementación.

#### **7.4.1.3 Variables Dependientes de Segundo Nivel**

La presente investigación exploratoria, identifica como variable dependiente de segundo nivel presente en el Informe de Evaluación Para Implementar Refugios Mineros en la Unidad Huarón a:

- La evaluación para la implementación realizada por esta consultora, como parte de las herramientas de gestión de seguridad.

Asimismo, se establece que los estándares, procedimientos, programas de capacitación y demás variables dependientes de segundo nivel, NO podrán elaborarse a partir del informe de la consultora, ya que este informe no brinda la información referente a las condiciones y el entorno del sistema de refugios mineros en una fase de emergencia, no brinda la información que permita conocer los tiempos y recorridos relacionados al uso del refugio minero, y no brinda la cantidad de personas esperadas que se considera empleen el refugio minero a una determinada hora del día, información indispensable para la elaboración técnica y asertiva de un procedimiento e incluso un estándar.

En conclusión, la consultora logró generar una de las variables dependientes de segundo nivel llamada estudio técnico, solo de manera descriptiva, imposibilitando la elaboración de las demás variables de segundo nivel, que resultan relevantes para el funcionamiento del sistema de refugios mineros y para el cumplimiento de los objetivos del sistema de gestión de seguridad,

#### **7.4.1.4 Variables Dependientes de Tercer Nivel**

La presente investigación exploratoria, establece como variable dependiente de tercer nivel, al nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad, y de los requisitos de la norma Ohsas 18001 aplicables al sistema de refugios mineros

Este nivel de cumplimiento, puede ser medido a través del indicador establecido por la presente investigación exploratoria y expuesta en la página 56 y 57.

A continuación, se muestran los resultados del indicador, aplicada exclusivamente a la metodología contenida en el informe de evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón.

## **7.4.2 ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS EN LA UNIDAD SAN CRISTÓBAL**

La implementación de refugios mineros en la Unidad San Cristóbal, se realizó conforme a los criterios establecidos por el área de Respuesta a Emergencias, el área de Seguridad y recomendaciones del área de Operaciones Mina de la Unidad San Cristobal., A continuación, se analizan estos trabajos de implementación en base al marco teórico y la definición e identificación de las variables establecidas en la presente investigación exploratoria.

### **7.4.2.1 Variables Independientes Principales**

a) Los riesgos de la mina.

La Unidad Minera San Cristóbal, realiza actividades que posibilitan riesgos entre los cuales se encuentran, el gaseamiento (Intoxicación o asfixia con gases), incendio, derrumbes, etc.

Estos riesgos, como parte de la gestión de la seguridad, se encuentran en el inventario de riesgos de la organización, con su respectivo nivel de severidad y probabilidad de ocurrencia.

Asimismo, el inventario de riesgos de la organización, considera que el nivel de severidad que pueden alcanzar principalmente los derrumbes, e incendios en interior mina, las define como potenciales emergencias.

Tomando en cuenta estos aspectos, se establece que la evaluación para implementar refugios mineros, **debe considerar principalmente la información del análisis de riesgos de derrumbes e incendios.**

Si bien la evaluación realizada por Mina San Cristóbal para implementar refugios mineros, ha considerado la información del IPERC de línea base, relacionada con el riesgo de atrapamiento del personal en derrumbes e incendios mineros, este análisis demuestra que el riesgo de derrumbes, es controlado efectivamente mediante diseño de ingeniería, a través del diseño y ejecución de salidas y rutas de escape, mientras que el riesgo de incendio en interior mina, es controlado inicialmente mediante los sistemas contra incendio y posteriormente, mediante el uso de vías de escape hacia superficie, debidamente evaluadas y consideradas como controles de emergencia factibles para incendios ocurridos en los principales focos de riesgo al interior de la mina.

Este análisis de riesgos realizado por la Unidad San Cristóbal, en lugar de sustentar claramente la necesidad de implementar refugios mineros, genera una controversia al demostrar que el diseño de rutas de escape es un control efectivo para sus posibles emergencias en particular, haciendo que los refugios se conviertan en elementos que en lugar de contribuir con el sistema de gestión de seguridad, podrían afectar el desempeño de las rutas de escape.

En conclusión, la Unidad Minera San Cristóbal, ha implementado el refugio minero sin partir de un estudio técnico que evidencie la necesidad del refugio y sin tomar en cuenta la información del análisis de riesgo de la unidad.

Información que muestra que los principales controles empleados por la unidad minera en la fase de emergencia de sus procesos, corresponden al diseño de ingeniería, que particularmente para esta mina, pueden ser más eficientes que el uso de refugios mineros.

Debido a estas condiciones particulares, se establece que la implementación de refugios mineros realizada en estricto cumplimiento de la ley, **(ley que por el momento no asocia la implementación al análisis de riesgos)**, puede tener consecuencias negativas sobre el sistema de gestión de seguridad de las organizaciones, posibilitando introducir innecesariamente nuevas actividades y por ende nuevos riesgos propios al uso, mantenimiento y presencia de los refugios mineros.

Se debe tener en cuenta que de darse el caso de implementar refugios mineros innecesariamente y sin considerar el análisis de riesgos de la organización, se crean condiciones para que la presencia de estos refugios en las labores mineras, puedan dejar atrapados a trabajadores que pudieron haber evacuado la mina empleando las rutas de escape correctamente diseñadas para ese fin.

b) La dimensión de la mina

Ya que el análisis de riesgos de Mina San Cristobal, establece controles de ingeniería (Rutas de escape) para casos de emergencia, y si bien estas rutas de escape se asocian al crecimiento y dimensión de la mina, por otra parte, no existe ningún tipo de información que asocie específicamente el sistema de

refugios mineros con la dimensión y crecimiento de la mina, criterio relevante para la presente investigación.

#### **7.4.2.2 Variables Dependientes de Primer Nivel**

a) Análisis de riesgos asociados a la implementación de refugios mineros.

Para la implementación de refugios mineros realizado por Mina San Cristóbal, se tomó en cuenta el análisis de riesgo IPERC de línea base de la Unidad Minera.

Este análisis de riesgos de línea base, presenta controles de ingeniería (Rutas de escape) para la fase de emergencia de los procesos, por lo que se establece que el análisis de riesgos de línea base, no ha definido la necesidad de implementar los refugios mineros, ni ha definido si estos son innecesarios.

Por tal razón, se afirma que el análisis de riesgos que se empleó para implementar refugios mineros, NO establece que el control refugios mineros es acorde a la magnitud y naturaleza de los riesgos, incumpliendo requisitos del sistema de gestión de seguridad.

b) Tiempo efectivo en la percepción de la alarma de evacuación minera

Para mina San Cristóbal, el tiempo en que los trabajadores perciben la alarma minera luego de ocurrida la emergencia, dependerá de la velocidad del reporte de ocurrencia de la emergencia desde interior mina, dependerá

del tiempo de análisis del comité de crisis para evaluar y determinar el nivel de la emergencia, dependerá del tiempo para autorizar y activar la alarma minera y dependerá del tiempo de difusión del gas Ethanothiol a través de las tuberías de aire comprimido de la unidad minera.

De toda esta información, solo se puede afirmar, considerando los simulacros realizados en mina San Cristóbal, que el tiempo para la difusión del gas hasta las labores más alejadas de la unidad minera a través de las tuberías de aire comprimido es de 30 a 35 minutos. Sin embargo, se debe indicar, que estos tiempos son parte del estudio técnico correspondiente a la evacuación de mina empleando rutas de escape, no existiendo un estudio ni registro de información para ser empleada en el análisis de refugios mineros.

c) Tiempos de desplazamiento hacia el refugio minero, por tipo y longitud de labor minera

La Unidad Minera San Cristóbal, ha determinado mediante los simulacros de evacuación de mina, que el personal podrá evacuar las labores mineras hacia superficie, empleando los medios y recursos con los que cuenta la mina, en un lapso máximo de 54 minutos. No existiendo otra información adicional, que corresponda a los tiempos de traslado desde una determinada área crítica de la mina hasta el refugio minero asignado a esta área crítica.

Esta información registrada durante la ejecución de simulacros, NO resulta de utilidad en el estudio del sistema de refugios mineros, al no desarrollarse

bajo el enfoque técnico que plantea la presente investigación exploratoria, sin embargo, el registro de la información se puede asociar con el Art.233 Inc (h, que establece que: ***“Se debe construir o proveer un tipo de refugio para todos los trabajadores que no puedan alcanzar la superficie desde su lugar de trabajo en el lapso de (01) hora”***.

d) Número máximo de personas en una labor y una etapa del ciclo de minado.

La Unidad Minera San Cristóbal, No ha desarrollado herramientas técnicas que brinden información sobre la posible cantidad máxima de personas presentes en un tipo de labor minera a una determinada hora del día, limitándose a estimar de manera aproximada esta información, mediante el análisis de los registros de control de ingreso de personal en boca minas y mediante el listado de trabajadores por guardia.

Este manejo de información, que si bien tiene algunas posibles aplicaciones, NO satisface la necesidad de información dinámica requerida en un estudio de refugios mineros.

La Información dinámica requerida, debe permitir conocer y pronosticar la cantidad de personal presente en una zona particular de la mina a una determinada hora del día. Por lo que el análisis para obtener esta información, debe considerar necesariamente el tipo de labores cercanas y los procesos desarrollados entorno a dicha zona en particular que se desea evaluar.

### **7.4.2.3 Variables Dependientes de Segundo Nivel**

La presente investigación exploratoria, identifica como variable dependiente de segundo nivel presente en la implementación de refugios mineros de la Unidad San Cristóbal a:

- El IPERC de línea base de la Unidad Minera san Cristóbal.

Asimismo, se establece que los estándares, procedimientos, programas de capacitación y demás variables dependientes de segundo nivel asociados a los refugios mineros, no se han elaborado ni podrán elaborarse a partir del Iperc de línea base, o con información proveniente de la propia implementación física de refugios mineros, ya que en ninguno de los casos se establece con la debida claridad, ¿Cuál es el riesgo a controlar o mitigar con el uso de los refugios mineros?

En conclusión, la Unidad San Cristóbal, NO ha desarrollado el análisis de riesgos que justifique implementar refugios mineros.

### **7.4.2.4 Variables Dependientes de Tercer Nivel**

La presente investigación exploratoria, establece que el nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad, y de los requisitos de la norma Ohsas 18001 aplicables al sistema de refugios mineros, comprenden la variable dependiente de tercer nivel.

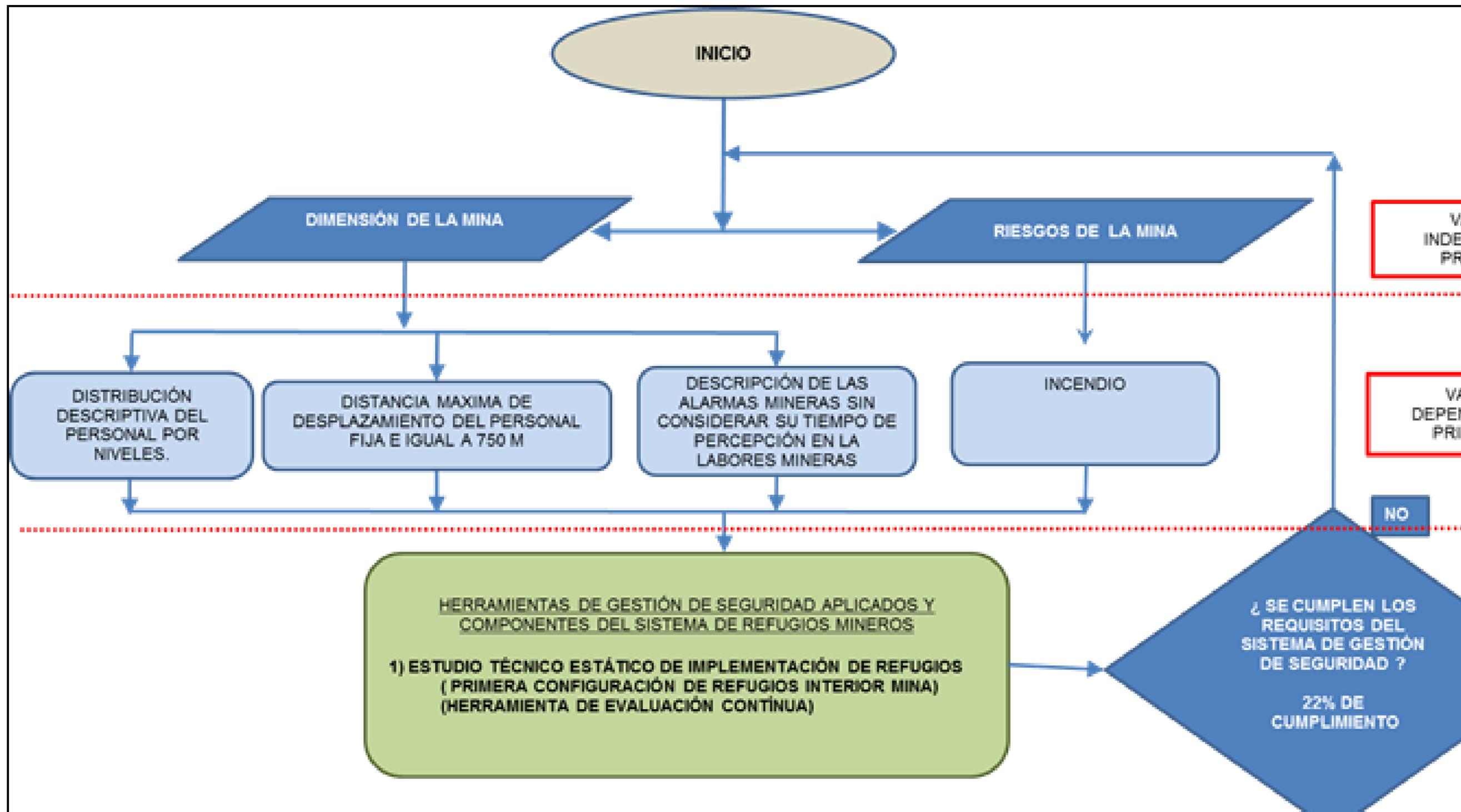
Este nivel de cumplimiento, puede ser medido a través del indicador establecido por la presente investigación exploratoria y expuesta en la página 56 y 57

A continuación, se muestran los resultados del indicador, aplicado a la implementación de refugios mineros que fue desarrollada en la mina San Cristóbal desde el año 2012

### **7.4.3 ASOCIACIÓN CAUSA – EFECTO ENTRE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS EN LA UNIDAD HUARÓN**

Una vez identificadas las variables presentes en el informe de evaluación para la implementación de refugios mineros de la Unidad Huarón, la presente investigación exploratoria, establece que la herramienta para presentar la asociación causa – efecto entre estas variables y el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad, es el diagrama de flujo expuesto en la página 58 .

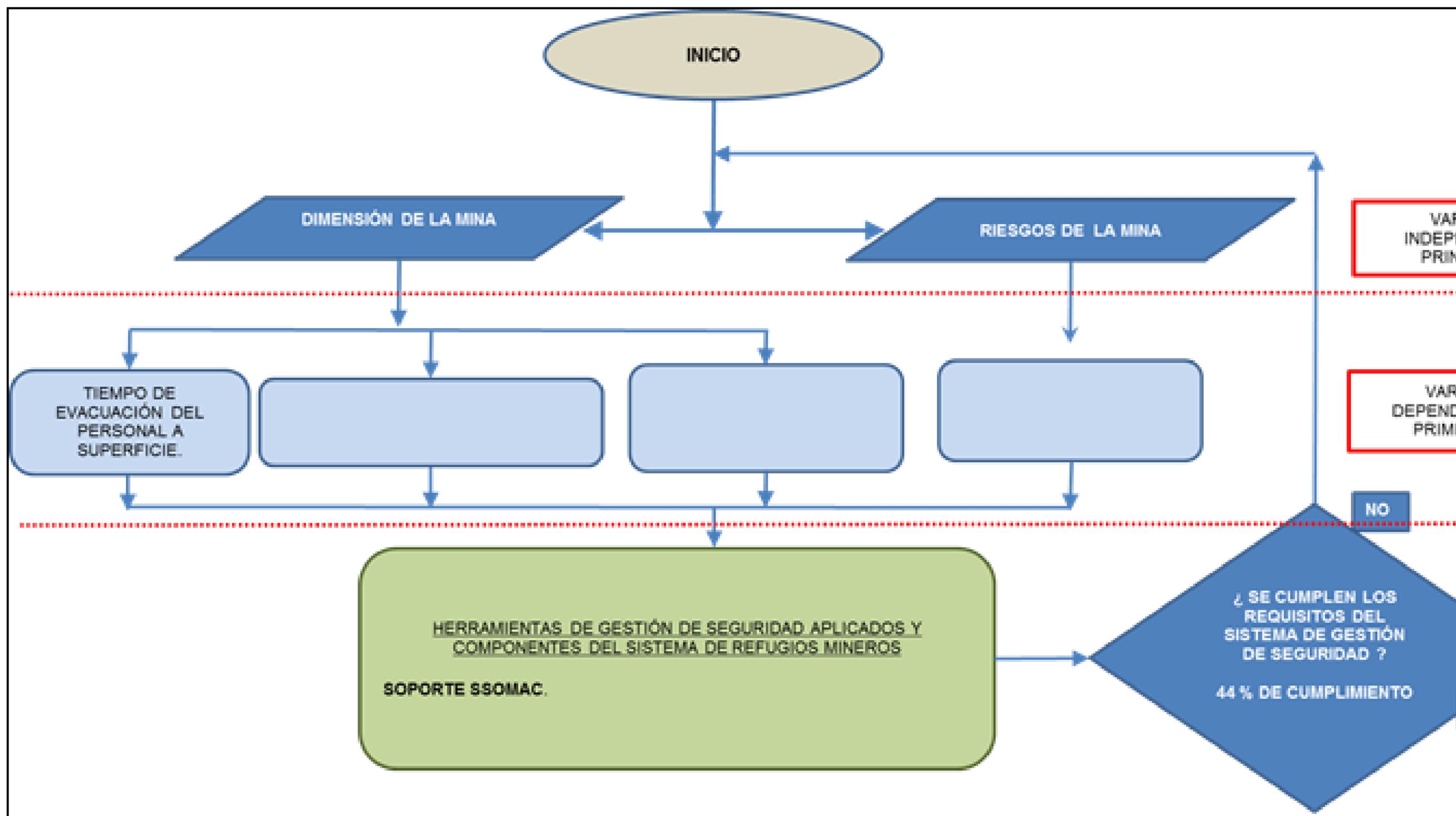
A continuación se presenta en diagrama de flujo mostrando las variables contenidas en el informe de la Unidad Huarón, ya clasificadas según los criterios establecidos en la presente investigación.



#### **7.4.4 ASOCIACIÓN CAUSA – EFECTO ENTRE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS EN LA UNIDAD SAN CRISTÓBAL**

Una vez identificadas las variables presentes en la implementación de refugios mineros de la Unidad San Cristóbal, la investigación exploratoria, establece que la herramienta para presentar la asociación causa – efecto entre estas variables y el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad, es el diagrama de flujo expuesto en la página 58.

A continuación se presenta el diagrama de flujo mostrando las variables contenidas en la implementación de refugios mineros de la Unidad San Cristobal, ya clasificadas según los criterios establecidos en la presente investigación.



## **7.4.5 INTERPRETACIÓN DE LAS VARIABLES E INFERENCIAS GENERALES**

### **7.4.5.1 Análisis e Inferencias Sobre los Requisitos Legales**

Actualmente, los requisitos legales sobre la implementación de refugios mineros tienen su detalle operacional en el D.S 055 – 2010 – EM.

Estos detalles se muestran en dos artículos por separado. Uno es el artículo 138, que corresponde al plan de respuesta a emergencia como parte de los requisitos establecidos para la gestión de la seguridad y salud ocupacional, y el otro es el artículo 233, que corresponde a los accesos y vías de escape como parte de los requisitos establecidos para la gestión de las operaciones mineras.

Analizando el artículo 138, la presente investigación resalta el hecho que el artículo en mención indica que los refugios serán construidos para casos de siniestro.

A partir de lo expresado textualmente en este artículo y de las experiencias de implementación de refugios de dos empresas mineras analizadas en la presente investigación, y teniendo en cuenta que el término siniestro, solo está definido en la legislación referente a hidrocarburos, careciendo de una definición en la legislación minera subterránea, se infiere que esta falta de definición posibilita diferentes criterios válidos para implementar refugios mineros.

Ya que la asociación del término siniestro con el estudio de riesgos, no está regulada en la ley, la definición de siniestro corresponderá a la concepción particular que cada unidad minera establezca para dicho término, implementando refugios mineros con metodologías válidas asociadas o no asociadas a la gestión de la seguridad minera

Asimismo, el artículo 233, que forma parte de los requisitos concernientes a refugios mineros para la gestión de las operaciones del titular minero, establece que los refugios mineros serán implementados para los trabajadores que no puedan alcanzar la superficie desde su lugar de trabajo en el lapso de una hora.

Este artículo, asocia la implementación de refugios mineros a requisitos relacionados a los accesos y al desplazamiento por estos accesos, **careciendo de una asociación con los peligros y riesgos administrados por el sistema de gestión de seguridad.** Por esta razón, se infiere que actualmente la ley posibilita que la implementación de refugios mineros, se pueda realizar bajo criterios establecidos en un análisis de tránsito de personas, en lugar de implementar refugios en atención de la necesidad establecida en un análisis de riesgos.

Considerando la experiencia de la implementación de refugios mineros de la Unidad San Cristobal, se infiere que aquellas implementaciones de refugios mineros que tengan en cuenta solo requisitos legales referentes al tránsito de personas, (requisitos como el Art 233 Del D.S 055-2010-EM, que por el momento no toma en cuenta el análisis de riesgos de la organización), puede

llevar a cumplir el requisito legal, pero a la vez, puede introducir innecesariamente nuevos riesgos al sistema productivo y disminuir la eficiencia de otros controles establecidos para la fase de emergencia de los procesos con los que ya dispone la organización. (Como por ejemplo las rutas de escape)

Adicionalmente a este hecho, ya que el Art. 233, inc. h), i) del D.S 055-2010-EM exige obligatoriamente la implementación de refugios mineros en los lugares que cumplan solo condiciones operacionales sobre distancias y tiempos, se infiere que la formulación del Art 233, inc. h), i) crea condiciones para validar legalmente la necesidad de refugios mineros en todos los lugares de la mina que tengan las características de desplazamiento descritas por la ley, ocasionando una sobre implementación legal de refugios mineros, incluso en lugares donde el análisis de riesgos concluya que son innecesarios o incluso contraproducentes.

Por otra parte, mediante el análisis de los informes de evaluación e implementación de refugios mineros de la Unidad Huarón y la Unidad San Cristóbal, la presente investigación establece que la Unidad Huarón consideró principalmente el riesgo de incendios en su evaluación, aspecto asociado al artículo 138 de la reglamentación, mientras que la Unidad San Cristóbal consideró principalmente los criterios de desplazamientos de personal, aspecto asociado al artículo 233 de la reglamentación. Existiendo dos puntos de partida diferentes pero válidos ante la ley para implementar refugios mineros.

Por lo tanto se infiere que la reglamentación, no se encuentra alineada con respecto al **punto de partida** o **razón principal** para implementar refugios mineros, generando una problemática al propiciar que las unidades mineras realicen su implementación, en revisión y cumplimiento de un criterio legal aún no bien definido en sus criterios básicos.

Otro aspecto observado es que actualmente, el artículo 138 y 233 del Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, NO vincula los refugios mineros a la naturaleza y magnitud de los riesgos de la operación, por lo que se infiere que la reglamentación actual, condiciona a que la fiscalización integral sobre el sistema de refugios mineros, no pueda verificar legalmente que los refugios han sido asignados a lugares con determinados riesgos que justifiquen su instalación. Asimismo, el proceso de fiscalización minera, al no contar con herramientas autorizadas legalmente para verificar que los trabajadores llegarán al refugio en un lapso de 30 minutos partiendo desde su lugar de trabajo, se limitará a solicitar la evidencia del cumplimiento de esta condición a las unidades mineras, que la podrán presentar, bajo diferentes formatos, criterios, o conceptos válidos a falta de una tipificación, los cuales no necesariamente son funcionales.

Considerando lo expuesto se infiere, que el D.S 055 – 2010 – EM, ha brindado normas para los refugios mineros que dificultan la fiscalización integral de la seguridad, entrando en inconsistencias con el Art. 6 Inc g), del mismo reglamento.

#### **7.4.5.2 Análisis e Inferencias Sobre los Requisitos de la Norma Ohsas 18001**

Ya que la presente investigación, en concordancia con los conceptos de la gestión profesional de la seguridad, establece que los refugios mineros son parte de los controles de riesgos en la fase de emergencia de los procesos, se infiere que los refugios mineros se vinculan con la norma Ohsas 18001, mediante la aplicabilidad de sus requisitos sobre preparación y respuesta a emergencia y aplicabilidad de sus requisitos establecidos para controles de riesgos de los procesos.

Ya que el indicador del nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad y de la norma Ohsas 18001 aplicables a refugios mineros expuesto en la presente investigación exploratoria (*Pag 56 y 57*).contiene requisitos específicos de la norma asociada a la implementación, se infiere que el indicador, es una asociación primigenia entre los refugios mineros y los requisitos aplicables de la norma Ohsas 18001. Proponiéndose como un primer aporte a ser revisado y empleado por las unidades mineras que deseen implementar refugios mineros en concordancia con su sistema de gestión de seguridad basado en el modelo de la norma Ohsas 18001.

### **7.4.5.3 Análisis e Inferencias Sobre los Métodos de Implementación Unidad Huarón**

Ya que la evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, se ha realizado considerando el riesgo de incendio, sin demostrar técnicamente que los refugios mineros puedan ser aplicados efectivamente a este riesgo y sin demostrar que no pueden ser aplicados más contundentemente a otros riesgos en función a su magnitud y naturaleza, se infiere que la implementación no ha cumplido los requisitos del sistema de gestión sobre controles acordes a los riesgos

Asimismo, ya que la evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, se ha realizado en base a información referencial del extranjero (Criterios Australianos), estableciendo una distancia crítica de recorrido de 750 m para llegar al refugio minero, sin demostrar técnicamente que esta distancia sea equivalente a los 30 minutos de recorrido exigidos por la ley peruana y sin demostrar que esta equivalencia se cumplirá en todas las condiciones particulares y tipo de labores cercanas al refugio. Se infiere que la información de entrada de 750 m empleada en el análisis de Huarón, no necesariamente logrará cumplir los requisitos legales peruanos.

Adicionalmente, se infiere que la evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, **no demuestra** que la unidad minera cuente

con un sistema de alarmas, que en su estado actual, viabilice el uso de refugios mineros.

También se debe indicar, que la evaluación para implementar refugios mineros en la Unidad Huarón, ha considerado la distribución de personal por niveles para representar o modelar la ubicación de personas en interior mina al momento de una emergencia, sin embargo, se conoce que existe personal que rota entre nivel y nivel, tal como es el caso de los cargadores de frentes, los supervisores, los operadores de equipos mecanizados etc, por lo que se infiere que el manejo de información y el análisis que se realizó en la Unidad Huarón, es estático, correspondiente solo al momento en que los trabajadores adopten la posición presentada en el registro de personal utilizado en su informe.

Con respecto al nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad diagnosticado en la presente investigación para del informe de evaluación de refugios de mina Huarón, que corresponde a un 22 %. De cumplimiento, se infiere que esto se debe principalmente a:

- Que la evaluación para implementar refugios mineros, se ha realizado con un enfoque estático que no brinda información técnica que contribuya con la actualización o generación de procedimientos, estándares, Iperc de línea base asertivos, a razón de no considerar un modelo matemático que represente adecuadamente el comportamiento del sistema productivo y de los riesgos que todas estas herramientas de gestión requieren controlar.

- Que la evaluación de implementación de refugios mineros solo se concretó de manera parcial y solo para el riesgo de incendio, sin definir técnica y contundentemente que los refugios son acordes al riesgo de incendios en todas sus etapas y sin evidenciar que el análisis de riesgos de la mina concluya que los refugios no son aplicables para otros riesgos diferentes al incendio.
- Que el informe de evaluación emplea modelos estáticos para sus variables, los cuales no permiten diseñar herramientas de mejora continua ni herramientas de proyección del desempeño para el sistema de refugios ante la ocurrencia de emergencias.

#### **7.4.5.4 Análisis e Inferencias Sobre los Métodos de Implementación Utilizados por la Unidad San Cristobal**

Ya que los riesgos calificados como emergencia, cuentan con el control principal rutas de escape asignado por el sistema de gestión de seguridad, Se infiere que la implementación de refugios mineros realizada por la Unidad San Cristóbal, no se ha realizado como necesidad de un control de riesgo en fase de emergencia, sino en cumplimiento del artículo 233 de DS 055 – 2010 – EM.

Asimismo, la documentación y registros acerca de la implementación de refugios mineros, realizada por la Unidad San Cristóbal, no demuestra que los trabajadores que se espera empleen el refugio minero podrán llegar a este en el plazo límite de 30 minutos establecido en la legislación. Por lo que se

infiere que a pesar de haber implementado los refugios mineros, falta evidenciar técnicamente el cumplimiento del artículo 233 de DS 055 – 2010 – EM.

A pesar que la Unidad San Cristóbal, cuenta con menos bloques que la Unidad Huarón en el diagrama de flujo propuesto en la presente investigación, el nivel de cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de seguridad en su implementación de refugios mineros es de (44 %), (mayor a la de la Unidad Huarón). Se concluye que esto se debe a que el sistema SSOMAC (Sistema de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad), implementado en Volcan Compañía Minera S.A.A, tiene mecanismos para identificar y cumplir de manera automatizada algunos requisitos aplicables a los refugios mineros, como por ejemplo crear eventos para actualizar constantemente sus procedimientos y su Iperc de línea base, para actividades nuevas como la de implementar refugios mineros, dejando pendientes solo los requisitos que provengan del análisis técnico minucioso de la implementación de refugios mineros.

#### **7.4.5.5 Análisis e Inferencias Acerca de los Criterios Relevantes Para Implementar Refugios Mineros**

Ya que los refugios mineros, son controles de riesgos en la fase de emergencia de los procesos, y ya que el Sistema de Gestión de Seguridad exige que los controles sean acordes a la naturaleza y magnitud de los riesgos, **a manera de criterio relevante se infiere que: Para poder**

realizar una implementación técnica de refugios mineros, primero es necesario contar con:

- **“EL IPERC DE LÍNEA BASE”**
- **“LA DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA EL TÉRMINO EMERGENCIA O SINIESTRO MINERO, EL CUAL DEBE ESTAR RELACIONADO A SU SEVERIDAD”**
- **“EL INVENTARIO DE EMERGENCIAS CON SU MAPA DE RIESGOS”**
- **“EL ESTUDIO TÉCNICO DE CADA EMERGENCIA PARA LA QUE SE DESEA CONOCER SI LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS ES UN CONTROL ACORDE A SU MAGNITUD Y NATURALEZA”**

Asimismo, ya que la alarma minera, es definida por la presente investigación como el mecanismo que brinda la comunicación para iniciar los procedimientos de uso de refugio minero, y dado el hecho que las unidades Huarón y San Cristóbal incluyen en lo posible esta información en sus criterios de implementación, **a manera de criterio relevante se infiere que: “Para poder realizar una implementación técnica de refugios mineros, primero es necesario contar con el estudio detallado de las ALARMAS DE EMERGENCIA DE LA UNIDAD MINERA”**

Por consiguiente, ya que la alarma minera y las rutas de escape están asociadas secuencialmente a la evacuación minera, y se conoce que los refugios mineros serán empleados en los casos en que la evacuación de mina no es factible, **a manera de criterio relevante se infiere que: “Para poder realizar un estudio técnico de refugios mineros, primero es necesario contar con el ESTUDIO TÉCNICO DETALLADO DE EVACUACIÓN MINERA”**

Además, ya que la implementación y mantenimiento de refugios mineros, genera nuevos procesos y actividades en la mina, **a manera de criterio relevante se infiere que: “La implementación y mantenimiento de refugios mineros debe ser considerado por el Sistema de Gestión de Seguridad, como un proceso más de la mina, por lo que ese proceso debe tener su IPERC de línea base y específico, sus PETS, su revisión de cumplimiento de los requisitos legales, sus programas de capacitación y entrenamiento, sus programas de mantenimiento y demás herramientas propias del sistema de gestión de seguridad.**

Complementariamente, a manera de criterio relevante, se infiere que: **La información de campo tomada para evaluar la implementación de refugios mineros, así como la información tomada para monitorear el sistema de refugios posterior a su implementación debe ser dinámica, permitiendo estudiar la proyección del sistema de refugios mineros para que de esta manera, se fijen y revisen metas que permitan cumplir los requisitos**

de revisión y mejora continua establecidos en el Sistema de Gestión de Seguridad.

A manera de criterio relevante, y teniendo en cuenta el ejemplo explicativo n° 3 de la presente investigación, también se infiere que: cualquier metodología de implementación de refugios mineros basada en los riesgos de la mina, debe establecer en su **ESTUDIO DE RIESGOS**, el **TIEMPO CRÍTICO DE HERMETIZACIÓN POR TIPO DE EMERGENCIA**, Definiendo este tiempo crítico de hermetización, como el tiempo máximo, medido desde el momento de ocurrida la emergencia, en el cual, el refugio minero puede permanecer abierto (sin ser sellado herméticamente) y sin que el desarrollo del riesgo afecte su interior, pudiendo así, esperar la llegada del personal que busca resguardarse en él, para posterior a esta llegada, sellarse herméticamente y dar soporte ante las características destructivas inherentes al riesgo que enfrenta.

Por consiguiente, se infiere que la elaboración de procedimientos y estándares, dependerán del **TIEMPO CRÍTICO DE HERMETIZACIÓN POR TIPO DE EMERGENCIA**

Expuestas todas estas inferencias, se observa que el desempeño del refugio minero dependerá de muchos elementos relacionados entre sí, elementos enmarcados dentro de aspectos operacionales de campo y a su vez, asociados al sistema de gestión de seguridad y al nivel de cumplimiento de sus requisitos. Por lo que se evidencia un fenómeno clasificado como

Sistema o interdependencia de elementos que buscan salvaguardar a los trabajadores dentro del mecanismo o cámaras llamados refugios mineros.

#### **7.4.5.6 Análisis e Inferencias Acerca del Sistema de Refugios Mineros.**

Ya que la eficiencia del refugio minero depende del diseño del mecanismo o cámara empleado como refugio, pero también depende y está relacionado con el diseño de las rutas de escape, alarma minera entre otras variables, se infiere que esta dependencia conceptualiza el SISTEMA DE REFUGIOS MINEROS, EL CUAL, EN TODA UNIDAD MINERA ESTA CONSTITUIDO AL MENOS POR ESTOS ELEMENTOS.

Asimismo, se infiere que estos elementos se relacionan entre si durante la ocurrencia de una emergencia, y que el estudio del “SISTEMA DE REFUGIOS” requiere que sus elementos (Alarma minera, rutas de escape etc) ya se encuentren estudiados y expresados mediante funciones matemáticas dependientes de una variable común, la cual es recomendable sea el “**tiempo**”.

## **CONCLUSIONES**

### **CONCLUSIÓN PRINCIPAL**

Las cámaras o mecanismos que se emplean como refugios mineros subterráneos, son elementos componentes del sistema de gestión de seguridad de las organizaciones. Por lo que la implementación de estos refugios, debe realizarse con criterios tanto técnicos como de gestión acordes a este concepto, que permita integrar coherentemente estas cámaras o mecanismos al Sistema de Gestión de Seguridad y le permitan tener un buen desempeño ante la ocurrencia de una emergencia.

### **CONCLUSIÓN COMPLEMENTARIA**

De lo expuesto en las inferencias previas, se concluye que el siguiente cuadro, muestra los criterios relevantes para implementar refugios mineros y la secuencia de tareas para lograr una implementación asociada al Sistema de Gestión de Seguridad. .

## **RECOMENDACIONES**

### **Recomendación N°1**

Considerando que los refugios mineros y las rutas de escape, son elementos del plan de respuesta a emergencia, y que su implementación responde a una necesidad que parte del análisis de los riesgos de la mina, se recomienda a la autoridad minera, que los artículos del D.S 055 – 2010 – EM, referentes a refugios mineros y rutas de escape, sean reordenados y agrupados dentro de los requisitos del plan de respuesta a emergencia, además de incluir artículos que soliciten al titular minero, realizar el estudio técnico de las alarmas mineras, rutas de escape y refugios mineros que vincule asertivamente estos controles a las condiciones y riesgos particulares de la organización.

### **Recomendación N° 2**

Asimismo, a fin de facilitar la elaboración del análisis de riesgos y su relación con las emergencias mineras, se recomienda a la autoridad minera, incluir en las

definiciones del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, el término siniestro minero.

### **Recomendación N° 3**

En secuencia con las 2 recomendaciones anteriores, se recomienda a la autoridad minera, establecer la obligatoriedad para las empresas mineras, de incorporar en la estructura del plan de respuesta a emergencia, el análisis de riesgos de la organización en la fase de emergencia de sus procesos.

### **Recomendación N° 4**

En las futuras implementaciones de refugios mineros que realicen las minas subterráneas del Perú, se recomienda, considerar los criterios relevantes establecidos en la presente investigación, a fin de realizar una implementación ordenada y vinculada al sistema de gestión de seguridad.

### **Recomendación N°5**

Se recomienda a las minas que van a iniciar un estudio para implementar refugios mineros, que como primer paso, y como parte de un estudio integral, realicen primero el estudio técnico de alarmas, rutas de escape y evacuación minera, el cual debe contener los modelos matemáticos correspondientes al desplazamiento de personal, realizado para cada diferente dimensión, avance y tipo de labor, pudiendo verificar el modelo de desplazamiento con los simulacros de evacuación minera efectuados a lo largo del año y a diferentes niveles de crecimiento de la mina.

Asimismo, debe tenerse en cuenta, que toda esa información, será la base para el estudio de implementación de refugios mineros, el cual tomará los modelos matemáticos establecidos y verificados en los estudios sobre evacuación de mina.

El titular minero debe tener presente que la implementación de refugios mineros es parte de una secuencia, para lo cual se indica que primero debe conocerse a la perfección el sistema de alarmas y rutas de escape, para luego complementar estos con los refugios mineros.

#### **Recomendación N°6**

Se recomienda a las minas que van a iniciar un estudio para implementar refugios mineros, emplear el diagrama de flujo propuesto en la presente investigación, a fin de ordenar y clasificar las variables particulares presentes en su implementación de refugios mineros, permitiéndoles emplear una plataforma para administrar la abundante información que se presentará en su implementación particular.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Decreto supremo 055, Título I Gestión del Sub Sector Minería, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Ministerio de Energía y Minas, Perú, Agosto 2010
2. Decreto supremo 055, Título III Gestión de la Seguridad y salud Ocupacional, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Ministerio de Energía y Minas, Perú, Agosto 2010
3. Decreto supremo 055, Título Cuarto Gestión de las operaciones mineras, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Ministerio de Energía y Minas, Perú, Agosto 2010
4. Norma Ohsas 18001:2007 “Sistemas de Gestión de la Seguridad y salud en el trabajo”
5. Informe de Evaluación para la Implementación de Refugios Mineros en la Unidad de Producción Huarón. BMB Consulting, Perú, Octubre 2009.
6. Informe de la Implementación de Refugios Mineros en la Unidad de Producción San Cristobal, Área de Respuesta a Emergencias Yauli, Perú, Agosto 2012

# **PAN AMERICAN SILVER S.A. – MINA QUIRUVILCA**

## **INFORME**

# **EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS**

## **“UNIDAD DE PRODUCCIÓN HUARON”**

**EMPRESA AUDITORA**



**BMB CONSULTING S.A.**

**Octubre de 2009**

# **RESUMEN EJECUTIVO**

# INTRODUCCION

---

# I

El proyecto de refugios mineros tiene como propósito el uso seguro de las instalaciones preparados herméticamente para Refugios Mineros ubicados en niveles de operación con alto riesgo de incendio o el comedor acondicionado para refugios mineros en los niveles de operación con un riesgo bajo de incendio, como parte del plan de respuesta de emergencias contra el riesgo que representa una atmósfera irrespirable, resultado de un incendio en las labores; pero puede igualmente surgir debido a otras causas, incluyendo explosiones y acumulación de gases, etc. La implementación de los refugios mineros es vital en las operaciones de minado subterráneo como un plan de preparación para emergencias, que a su vez, es parte fundamental en la política de prevención.

La mayoría de minas, hoy en día en las operaciones de minado subterráneo, tienen un significativo stock de combustible diesel, lubricante hidráulico, caucho (como son los neumáticos de los equipos pesados y livianos), poli-cloruro de vinilo (como es el revestimiento de cables eléctricos y tuberías) y materiales a base de resina utilizados para las empaquetaduras de varios equipos, que representan un riesgo de incendio.

La información que se presenta en este documento se basa principalmente en una evaluación de riesgo en su fase de emergencia ARFE, realizada en los 11 niveles de operación de la UEA de Huarón, propiedad de Compañía Minera Pan American Silver S.A.

## PLANEAMIENTO DEL PROYECTO

---

## II

El Proyecto de Refugios Mineros se planificó en coordinación con la Dirección de Seguridad de Pan American Silver S.A.C., la cual fue ejecutada en dos etapas de responsabilidades (**Anexo A**):

Una primera etapa a responsabilidad de Compañía Minera Pan American Silver S.A., unidad operativa de Huarón, debiendo entregar la información solicitada por el Consultor a las Áreas de ventilación, ingeniería y operación minera, para revisar, analizar y estructurar el Análisis de Riesgo en una Fase de Emergencia ARFE base, de acuerdo al cronograma establecido.

Una segunda etapa a responsabilidad de la empresa consultora de BMB Consulting S.A. a cargo y responsabilidad del Ing. Mariano Herrera Moreno, quien validó semanalmente toda la información revisada en coordinación con la Dirección de Seguridad y mediante comunicación telefónica con el Superintendente de Seguridad y Medio Ambiente de la unidad operativa; luego de ello se realizaron trabajos de verificación de campo en todos los niveles de operación de la UEA, inspeccionando las vías de acceso a las labores más alejadas, monitoreando la presencia de gases, el circuito de ventilación, ubicación de áreas críticas, ubicación de comedores que se pueden acondicionar para refugios mineros dependiendo del nivel de riesgo de incendio, y verificando el consumo de combustible y lubricantes en las operaciones subterráneas para evaluar el riesgo en cada nivel de operaciones, asimismo, fijar la ubicación de los refugios mineros en niveles de operación con alto riesgo de incendio, evaluar los comedores que deben ser acondicionados para refugios mineros en niveles de operación con bajo riesgo de incendio y fijar la ubicación de las estaciones de auto rescatadores. Para distancias mayores a 750 mts. respecto a un refugio minero.

# DESCRIPCION TECNICA DEL PROYECTO



La siguiente información fue solicitada a Compañía Minera Pan American S.A., Unidad de Huarón:

1. Balance de ventilación del último semestre.
2. Informe de monitoreos de troncales de ventilación con ventiladores apagados.
3. Plano compósito de labores subterráneas.
4. Plano de servicios de operaciones subterráneas.
5. Plano de áreas críticas y peligros asociados a incendios.
6. Plano de ubicación de comedores en las labores subterráneas.
7. Informe mensual de producción y avance lineal de labores.
8. Informe de proyectos y chimeneas en ejecución.
9. Informe de distribución de personal por labores y niveles de operación.

Esta información sirvió para estructurar el Análisis de Riesgo en una Fase de Emergencia ARFE base.

- En el balance de ventilación se analizó el circuito de ventilación en condiciones normales de operación, requerimiento de aire fresco por las operaciones y el circuito de ventilación en condiciones de falla cuando se tenga corte de energía eléctrica.
- En el plano compósito de labores subterráneas se tiene los avances de minado de tajeos y frentes de avance lineal convencional y mecanizado asociados con el circuito de ventilación.
- En el plano de servicios de operaciones subterráneas se tiene registrada la distribución de las líneas de aire comprimido, agua industrial, energía eléctrica y relleno hidráulico para las diferentes labores de operaciones y servicios.
- En el plano de áreas críticas se tienen registradas la ubicación de las subestaciones eléctricas, instalaciones de bombas sumergibles, instalaciones

de ventiladores primarios y secundarios, desperdicios combustibles con peligro de incendio (madera, cajas vacías, papeles y trapo industrial ), y fuentes potenciales de incendio (equipos pesados a motor diesel o eléctricos, equipos livianos, bodegas de materiales, combustibles, lubricantes, talleres de mantenimiento, polvorines y estaciones de cargado de baterías).

- En el plano de ubicación de comedores en labores subterráneas, considerando su aspecto estructural de construcción, su ubicación en zonas inundadas de agua y con ambientes saturados de humedad relativa no se pueden adecuar para un refugio minero.
- Del informe mensual de producción y avance lineal de labores mineras subterráneas, se determinó: las zonas, niveles, número de labores de producción, frentes de avance lineal convencional y mecanizado en cada nivel de operación.
- Del informe de proyectos y chimeneas en ejecución, se evidenció la preocupación del área de ventilación por mejorar el circuito de ventilación de labores ciegas.
- Del informe de distribución del personal por labores y niveles de operación, se determinó el número de trabajadores de empresa y empresas especializadas en las diferentes labores subterráneas.

El análisis de toda la información fue validada en seis (06) reuniones de coordinaciones telefónicas (los días lunes de cada semana) entre el Consultor, la Dirección de Seguridad y el Superintendente de Seguridad y Medio Ambiente de la unidad operativa.

La empresa BMB Consulting S.A. inicia su responsabilidad el día Martes 11 de Agosto, en la UEA de "Huarón", con trabajo de verificación de campo que comprende las siguientes acciones:

- Inspección de las vías de acceso a las labores más alejadas de la operación , al refugio minero y a los comedores, en el que se verificó (Anexo "B"):
  - La velocidad del flujo de ventilación.
  - Tipo de sostenimiento y riesgo de caída de rocas en las vías de acceso.
  - Monitoreos de CO<sub>2</sub>, CO, NOx y aldehídos.
  - Tiempo y distancia de la labor más alejada al refugio minero, a una

- via troncal con aire fresco y a superficie.
- Fuentes de peligro con riesgo de incendio (almacenamiento de madera, desperdicios de madera, cartones).
  - Observaciones y controles
- Detalles del monitoreo de gases y de ventilación en las vías de acceso (Anexo "C").
- Las Áreas Críticas inspeccionadas en los niveles de operaciones (Anexo "D"):
- Ubicación, aislamiento de fases del cable eléctrico, infraestructura, iluminación, línea a tierra y equipo contra incendio de las sub estaciones eléctricas.
  - Codificación, mantenimiento, y equipos contra incendio de equipos pesados y livianos.
  - Construcción y equipos contra incendio de bodegas (materiales, combustible y lubricantes), talleres de mantenimiento (equipo pesado, máquinas perforadoras, eléctrico), polvorines (explosivos y accesorios) y estación de cargado de baterías.
  - Instalaciones eléctricas en las cámaras de bombeo.
- Inspección de la ubicación de comedores para ver la posibilidad de poder acondicionarlos como refugios mineros (Anexo "E"):
- Construcción (sección transversal, puerta y pintado interior de los comedores, instalaciones de agua industrial, aire comprimido, energía eléctrica, iluminación, línea telefónica.
  - Velocidad del flujo de ventilación.
  - Ubicación de los comedores respecto a las áreas críticas y tipo de sostenimiento.
  - Equipamiento con kit de primeros auxilios y contra incendio.
- Revisión del consumo de combustible y lubricantes en las operaciones subterráneas (Anexo "F").
- Inspección de los sistemas de alarma para casos de emergencia y sistema de comunicación subterránea (Anexo "G").

# EVALUACION DE RIESGOS EN FASES DE EMERGENCIAS ARFE

## IV

La unidad operativa de Huarón está conformado por tres (03) zonas de operación, 11 niveles, 26 trabajadores promedio de operación, al que se debe incrementar un promedio de 04 trabajadores de servicio y 04 visitantes, totalizando un promedio de 34 trabajadores/por 9 niveles; con 57 labores de producción y frentes de avance lineal.

Los Criterios Operacionales Específicos considerados en la Evaluación Final de Riesgos en Fases de Emergencias son:

- 7 Artículos de Reglamento de Seguridad e Higiene Minera de Ministerio de Energía y Minas, RSHM DS. 046-2001- EM. (Art. 118, 201, 204, 267, 269, 272 y 273).
- Evaluación de Riesgos realizado en 13 minas subterráneas de Australia Occidental durante 06 años entre 1977 y el 2003.
- Material de orientación de Mine Arc System sobre refugios mineros de nacionalidad Australiana con Certificación de la Comunidad Europea, que comenzó en 1995 a probar y diseñar sistemas de remoción para eliminar CO<sub>2</sub>.

EL Criterio Operacional Específico del Reglamento de Seguridad e Higiene Minera del Ministerio de Energía y Minas, en su Art. 201, inciso h, indica que los refugios mineros deben estar ubicados de tal forma que los trabajadores puedan llegar a ellos dentro de 30 minutos, desde el momento que dejó su lugar de trabajo, y la Guía de las Cámaras de Supervivencia en Minas Metálicas Subterráneas, fijados por el Departamento de Industria y Recursos de la División de Seguridad y Salud de Australia, después de la evaluación en 13 minas subterráneas, fija la distancia de una posición de riesgo a un lugar seguro en las peores condiciones de visibilidad como máximo a 750.0 mts. (Anexo "J"). Esta distancia es a la cual una persona en condiciones físicas normales se puede movilizar a paso moderado, utilizando el 50% de la capacidad nominal del equipo auto rescatador (Anexo "K").

Consideramos que el alcance de la implementación de los refugios mineros

debe coberturar el total (11) de niveles en operación, en el que trabajan un promedio de 34 trabajadores (26 en producción, 4 del área de servicios y 4 visitantes), sin embargo se tienen labores en los niveles superiores e inferiores próximos a los refugios mineros implementados, zonas de acceso con buena ventilación y a superficie, por lo que disminuyen a 8 refugios mineros a implementarse en la unidad operativa de Huaron (Anexo "I").

En los planos de ubicación de los refugios mineros se tiene registrada la leyenda de: áreas inspeccionadas, áreas críticas, labores de salida de aire viciado, labores de ingreso de aire fresco, ubicación del refugio minero, número de trabajadores y la instalación de mangas de ventilación; así como el número de ventiladores y extractores, con detalle del ingreso de aire fresco y salida de aire viciado; evaluación del comedor que debe ser acondicionado para refugios mineros; distancia de las labores más alejadas al refugio minero, y a zonas ventiladas (Anexo "H")

Los 8 Refugios Mineros que se deben de implementar, se han ubicado en labores existentes que no se están trabajando, en los que serán necesarios los trabajos de desquiches hasta lograr una sección de 3.0 x 2.7 mts. de sección x 5.0 m. de longitud o su área equivalente, para una capacidad promedio de 34 trabajadores, refuerzo de sostenimiento, secciones transversales con puerta hermética.

Por la ubicación de los refugios mineros, no es necesario implementar Estaciones de Auto Rescatadores, en el futuro toda vez que el avance de minado se aleje de los refugios mineros con distancias igual o mayor a los 750 mts. en las peores condiciones de desplazamiento con tiempo máximo de 30 minutos, se ubicaran las estaciones que sean necesarias.

El número de equipos auto rescatadores deberá ser fijado por el supervisor de operaciones de acuerdo a su plan de minado, debiendo cumplir el parámetro de proporcionar equipos auto rescatadores a todo trabajador que labore en labores con una sola vía de acceso y en labores con distancias igual o mayor a los 750 mts, labores críticas en ventilación (labores ciegos) como los niveles 450 Norte y Nv. 370 Sur en el que todo personal de operaciones, servicio y visitantes deben usar como su EPP preventivo el auto rescatador, debiendo fiscalizar su cumplimiento los ingenieros de seguridad responsables de zona.

Las vías de acceso a las labores más alejadas de la operación, respecto a la ubicación de los refugios mineros, se encuentran con buena ventilación;

es importante precisar que en los niveles 450 Norte, 370 Sur y 250 Norte (**Anexo C, columna 4 y 5**), la ventilación es crítica con valores de CO que van de 36 hasta 240 ppm. Con ambientes saturados de gases (13 ppm. de NOx) toda la ventilación es forzada, con mangas de ventilación mal instaladas, equipos de scooptrams trabajando en serie en la limpieza de mineral de un tajeo; es importante el mantenimiento preventivo de los ventiladores, la correcta instalación de las mangas de ventilación y mantener ventiladores en stand by.

El tipo de sostenimiento es el adecuado para cada calidad de roca desde cuadros de madera, shotcrete, pernos y malla, cimbras y auto sostenimiento; el riesgo de caída de rocas se mantiene controlado.

En cuanto a los monitoreos de 10 niveles en operación, se registraron valores debajo y superiores al LMP de CO y NOx (**Anexo C**) a excepción de los niveles 450 Norte, 370 Sur y 250 Norte, donde los valores de CO superaron el LMP por la presencia de equipos pesados scooptrams, jumbos y volquetes, en plena operación

El tiempo de desplazamiento de la distancia segura en condiciones normales es de 10 minutos, 67% (20 minutos) menos al tiempo estimado de 30 minutos en el caso de una emergencia. La ubicación de las fuentes de peligro (madera, desperdicios de madera y cartones) tiene una mayor incidencia en las áreas de carguío y menor incidencia en las vías de acceso.

Una sub-estaciones eléctrica de 9 sub-estaciones inspeccionadas se encontró sin equipo contra incendio (**Anexo D, columna 4**), es imperativo cumplir con lo dispuesto en el Art. 297, inciso n, para prevenir y controlar el riesgo de incendio.

El mayor número de equipos pesados con motores diesel, de perforación, limpieza y transporte se encuentran en los niveles 450 Norte (06 equipos) (**Anexo D, columnas 5, 6, 7 y 8**), 370 Sur (04 equipos) y 250 Norte (10 equipos) con circuitos de ventilación forzada por ventiladores y extractores, que en el caso del corte de energía eléctrica, deberán paralizar su operación de inmediato, con el fin de asegurar la evacuación segura del personal que debe tener como un equipo mas de Protección Personal EPP. Su auto rescatador.

El 80% (4) de las bodegas de materiales, combustibles y lubricantes de 5

bodegas inspeccionadas (**Anexo D, columnas 9 y 10**), tienen los tapones, pisos y puertas de madera, 02 bodegas se encuentran sin equipo contra incendio, y el 83% (5) lugares de abastecimiento de combustibles y lubricantes de 6 lugares inspeccionados (**Anexo D, columna 10**), se encuentran en bidones almacenados en rampas y área de carguío junto a stocks de madera, no cuenta con equipos contra incendio, ; en el Nv. 250 Norte se pudo observar a una camioneta cargado de un bidón cuadrangular abasteciendo combustible en la misma labor de operación sin trampa acondicionada, para la contención de derrames. Estas condiciones generan un alto riesgo de incendio, que deben ser controlados cumpliendo con el Art.267, inciso i.

El 50% (1) de los polvorines se encuentran ubicados a menos de 100 mts. de distancia de las área crítica, de 02 polvorines inspeccionados (**Anexo D, columna 14**), este polvorín deben ser cambiado de ubicación inmediato por representar un alto riesgo de explosión y no cumplir con la disposición de la norma, Art.218, inciso b.

Las instalaciones eléctricas en las cámaras principales de bombeo del Nv. 250 CB. N° 2, CB. N° 308 y el Nv. 180 CB. N° 1, CB. N° 2, CB. N° 3 (**Anexo D, columna 16**), se encuentran de 2 hasta con 7 tableros eléctricos en cada cámara y con un excedente enrollado de cables eléctricos, que son una fuente de riesgo de incendio; sin embargo pudimos observar en el Nv. 180 las obras civiles de dos nuevas cámaras finales de bombeo diseñadas para controlar las fuentes potenciales de incendio, aplicando los Art. 267, inciso k y Art. 269.

Durante las inspecciones de labores, se pudo observar 04 ventiladores en los Nvs. 700 Norte, 340 Norte, 250 Sur y 180 Norte, instalados sobre plataformas de madera sin ningún tratamiento ignífugo representando una fuente potencial de incendios (**Anexo D, columna 17**); si se quiere mantener controlado estas fuentes es necesario cumplir con la normativa indicada en el Art. 267,

De los 09 comedores inspeccionados (**Anexo E**), ninguno es recomendable acondicionarlos para refugios mineros, por su infraestructura, instalaciones, ubicación y equipamiento.

El consumo de combustible en interior mina en los niveles 600, 500, 450, 370, 340, 250 y 180, representan un 91% (39,112 gals.) (**Anexo F**) del consumo total

Promedio de los meses de Mayo, Junio y Julio 2009, que fue de 42,833 gals., no cuentan con un punto fijo para su abastecimiento, se tiene una camioneta en la que se carga un bidón cuadrangular con petróleo, con su rombo de riesgos y equipo contra incendio, faltándole una trampa para casos de derrame. Esta unidad abastece de combustible a los equipos pesados en la misma labor de operaciones, a 25 equipos pesados (scooptrams, jumbos y moto niveladora) y los 09 equipo livianos (camiones para el transporte de personal, materiales y camionetas usados por la supervisión) se abastecen de combustible en superficie; estos equipos que operan en las labores subterráneas representan un alto potencial de riesgo de incendio, los equipos pesados por no tener la infraestructura en el interior de la mina para el abastecimiento de combustible que cumpla estándares de prevención y los equipos livianos por que representan un peligro con potencial de incendio.

El sistema de alarma de gas olórfico para casos de emergencia en las tres zona de operación, se encuentran ubicados en las líneas troncales de aire comprimido de las casas de compresoras de la zona Sur y la bocamina Kosmos, los que deben ser inspeccionados diariamente por el operador de compresora, para garantizar su operatividad en cualquier momento dando respuesta inmediata en casos de emergencia.

El sistema de comunicación subterránea vía telefónica, tiene su fuente de energía que se abastece con un banco de 04 baterías instalados en serie, es importante mantener su programa de mantenimiento y las guías telefónicas en todas las estaciones subterráneas resaltadas el número para casos de emergencias, que deben ser conocidas por todo el personal de las operaciones.

## CONCLUSIONES

## V

- Los refugios mineros se utilizan en minas subterráneas para proporcionar un resguardo seguro para los trabajadores mineros ante una emergencia, comúnmente fuego. Cuando la atmósfera subterránea llega a ser inadecuada para respirar como resultado de niveles elevados de humo y gases relacionados al fuego irrespirable, resultado de un incendio de los equipos o en las áreas críticas y explosiones de polvorines, el personal deberá usar inmediatamente su auto rescatador para dirigirse en forma segura al refugio minero, al comedor acondicionado como refugio minero, a una zona troncal de aire fresco o a superficie.
- El primer problema que un trabajador de una mina subterránea debe resolver en el caso de un incendio, es el suministro inmediato de aire respirable. Esto se resuelve normalmente proporcionándole a cada trabajador un equipo auto-rescatador independiente de oxígeno SCSR. Que le permite al trabajador en peligro, trasladarse de un ambiente irrespirable a un lugar seguro ubicado a 750.0 m. de distancia de la persona en peligro, o el uso de otro auto rescatador ubicado en las estaciones de Auto rescatadores cuando la distancia a la zona segura es mayor a los 750 mts.
- El refugio minero para emergencias de ambientes irrespirables no puede adaptarse para hacer frente a inundaciones, porque las inundaciones o torrentes se desarrollan tan rápidamente y es poco probable que se tenga oportunidad para movilizar a la fuerza laboral hacia un lugar seguro, designado antes de que la situación sea devastadora.
- La mayoría de minas, hoy en día en las operaciones de minado subterráneo tienen un significativo stock de combustible diesel, lubricante hidráulico, caucho (como son los neumáticos de los equipos pesados y livianos), poli-cloruro de vinilo (como es el revestimiento de cables eléctricos y tuberías) y materiales a base de resina, utilizados para las empaquetaduras de varios equipos. En el caso de la unidad

"Huarón", el consumo promedio mensual de combustible en interior mina es de 91% (39,112 gals.) de 42,833 gals. promedio de los meses de Mayo, Junio y Julio del 2009, los que representan un alto potencial de riesgos de incendio en los diferentes niveles de operaciones mecanizadas con 25 equipos pesados (15 scooptrams, 4 jumbos, 5 volquetes y 1 moto niveladora) y 9 equipos livianos (camión para el transporte de personal y materiales, camionetas usados en la supervisión) (**Anexo D, columnas 5, 6, 7 y 8**). Los niveles 700, 600, 530, 500 y 320 tienen un balance positivo en el ingreso de aire fresco, 01 scooptrams promedio por nivel y su distancia más alejada del refugio minero es de 750 mts en el nivel 500, dan como resultado de la evaluación un nivel de riesgo medio sin dejar de lado como fuentes de incendio a las instalaciones eléctricas, instalaciones de bombas e instalaciones de ventiladores.

- Casi todos los incendios subterráneos reportados como antecedentes en operaciones mineras mecanizados, ocurrieron en equipos pesados y fueron el resultado de:
  - ❖ Componentes de alta temperatura en fuentes diesel de energía, que alimentan fuentes de encendido para rociadores de lubricante que gotean de mangueras.
  - ❖ Chispas de conductores de corriente directa (CD) desgastados, que dañan líneas de combustible.
  - ❖ Superficies calientes (más de 350° C) como son los escapes y turbo-cargadores.
  - ❖ Frenos atorados, que causan incendios debido a la presencia de grasa en el cubo de rueda, incendiando los neumáticos.
- En las evaluaciones de riesgos realizada en 13 minas subterráneas de Australia Occidental, se ha estimado que una persona, en condiciones físicas razonables, puede movilizarse a paso moderado utilizando el 50% de la capacidad nominal del equipo SCSR de 30 minutos (mínimo) de duración, a un ritmo de 30 l/min.
- En los sistemas de ventilación en serie, una porción de aire que ha sido extraída hacia un área de trabajo es sucesivamente reutilizada para ventilar parcialmente otras áreas en el circuito. Esto, virtualmente, garantiza que el humo y emisiones generadas por un incendio en una determinada labor, afectarán todas las áreas subsiguientes, es por ello

que el personal que trabaja en labores en estas condiciones, deben de tener como un equipo de protección personal preventivo su auto rescatador.

- En circunstancias normales, un comedor es una instalación semi-permanente de la mina y, si bien se puede acceder a éste fácilmente desde la mayoría de otras áreas, es poco probable que se logre mantenerlo a una distancia máxima de 750.0 metros de todas las áreas de trabajo.
- Se debe considerar un número suficiente de tanques de oxígeno de 2,400 lts. de capacidad, grado médico con mascarilla y sus accesorios completos, para cubrir la capacidad total de ocupantes durante ocho (08) horas, de manera que cada persona pueda mantener un ritmo de consumo de 0.5 litros por minuto.
- Existe la posibilidad de que las personas abandonen la cámara si no pueden hacerles llegar información actualizada sobre el progreso del rescate, por lo que la Central de Emergencia, deberá mantener una comunicación permanente con el refugio minero.
- Una ventana tipo claraboya implementada a un costado de la puerta principal del comedor-refugio minero, permite la visibilidad, si bien restringida, de los alrededores de la cámara; lo que también ayuda a reducir la ansiedad.
- Los auto rescatadores son equipos autónomos de evacuación en situaciones de emergencia, en que la atmósfera es irrespirable por ausencia de oxígeno o por existencia de gases letales: explosiones e incendios. Su funcionamiento consiste en un circuito cerrado donde se produce una reacción de agua y CO<sub>2</sub> de espiración con el KO<sub>2</sub> para la producción de oxígeno químico.

## RECOMENDACIONES

## VI

- En la construcción futura de bodegas de materiales, combustibles, lubricantes, talleres de mantenimiento de equipo pesado, máquinas perforadoras, eléctricos, polvorines de explosivos, accesorios y estaciones para el cargador de baterías, el piso, el tapón de ingreso y la puerta, deben ser de material incombustible y mantenerse equipados con equipos contra incendio, para eliminar el riesgo de incendio.
- En el diseño de áreas críticas que contenga combustibles y materiales inflamables y polvorines, se deberá tomar en cuenta el criterio operacional específico del Art. 267, inciso d, del RSHM, que fija la distancia mínima de ubicación a 30 mts. de superficie y 100.0 mts. de los polvorines como radio de acción segura.
- Como el consumo de combustible por los 25 equipos pesados que trabajan en las labores subterráneas de la UEA. "Huarón", zonas Norte, Satélite y Sur es de 91% (39,112 gals.) del consumo total de interior mina (42,833 galones), que representa un alto potencial de riesgo de incendios. Se recomienda el Análisis de Costo Beneficio del dinero invertido en las medidas de control para los riesgos de incendio.  
Si se quiere eliminar por completo el riesgo de incendio del peligro que representan los combustibles, se deberá diseñar instalaciones fijas para el abastecimiento de combustible cumpliendo el Art. 334, inciso c, que dice literalmente "Una estación de abastecimiento de petróleo, debe estar separado de la playa de estacionamiento y contar con un sistema de control de derrames, ser construido con material no inflamable y contar con dos puertas de cierre hermético y automático, para casos de incendio, ubicados a 30 mts. a ambos lados del grifo en la galería principal para sofocar cualquier tipo de incendio, quitando la presencia de oxígeno o aire"  
Si se quiere instalar equipos de seguridad en la fuente de peligro que representan los equipos pesados, se tendría que estandarizar con equipos de última generación, que con solo activar manualmente su manija de control, el polvo químico seco cubrirá la totalidad de los

puntos donde se puede originar el incendio del equipo pesado. Este control permitirá que el riesgo de incendio se encuentre protegido. Necesariamente el riesgo de incendio existirá dentro de las operaciones si no se tiene controlado los desperdicios de materiales combustibles con peligro de incendio: stocks de madera, cajas vacías y trapo industrial Art. 267, inciso j , cuando se realicen trabajos sub terraneos a llama abierta: como son trabajos de soldadura, chispas de corte y esmerilado Art. 6, áreas críticas o fuentes potenciales de incendio como son: las sub estaciones eléctricas, instalación del sistema de bombeo y la instalación de ventiladores Art.267, inciso K. Estos riesgos se recomienda controlarlos con la gestión de Orden y Limpieza Art. 293, aplicación del Peligro, Riesgo y Control PRC. Para toda actividad y realizando las Inspecciones Generales de acuerdo al Art. 107.

La última alternativa de control recomendado para un ambiente irrespirable ocasionado por los humos de incendios, son los auto rescatadores, que deberán ser entregados a los trabajadores como Equipos de Protección Personal, para ser usados en las labores que tienen un solo acceso y el circuito de ventilación forzada.

En el Análisis de Riesgos en una Fase de Emergencia en la unidad de Huarón, que tiene 3 zonas y 11 niveles de operaciones, tomando en cuenta que casi la totalidad de la ocurrencia de incendios en interior mina ocurrieron en equipos pesados, explosión de material combustible, corto circuito de energía eléctrica, el circuito de ventilación forzado, la concentración de labores de operación, 34 personas como promedio por nivel de operación se requieren 08 refugios mineros para aislar en forma segura al personal en casos de producirse un siniestro **(Anexo I, Columna 14)**. Recomendándose la implementación de 04 refugios mineros en 02 niveles de operaciones, el RM N° 4 en el Nv. -450 (Nv ciego con operación mecanizada), zona Norte, RM N° 5 Y 6 en el Nv. 250 zona Norte y el RM N° 7 en el Nv. 250 Sur; los indicadores relevantes para la implementación de dos RM en el nivel 250, zona Norte es la distancia que guardan entre ellas (se encuentran alejadas), 9 labores que se vienen trabajando en cada una de ellas, 69 trabajadoras, 10 equipos en operación (9 equipos pesados, 01 camioneta) extracción de mineral con scooptrams trabajando en serie y un circuito de ventilación que no cobertura las necesidades de aire fresco con valores de CO, que van de 39 a 240 ppm. **(Anexo C, columna 4)**, los que representan un alto potencial de riesgos de incendio.

**PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS**

UEA	Zona	Nivel	N° de trabajads.	N° de Labores	Refugio N°	Distancia más alejada	Estación Auto rescat.	Nivel de Riego	Riesgos de incendio		
									N° de E.P.	Combustible	SE.,V,SB
Huarón	Norte	450	18	4	4	600 mts	NR	Alto	3	39,122 gals.	si
		250	69	9	5,6	700 mts	NR	Alto	9		
	Sur		26	9	7	514 mts	NR	Alto			

**LEYENDA**

E.P.	Equipo pesado
SE.	Sub estación eléctrica
V.	Ventilador
SB.	Sistema de bombeo

- Es recomendable que se mantenga suficiente agua potable en bidones de 20 lts cada uno dentro de la cámara de supervivencia, para garantizar el suministro adecuado al total de ocupantes durante ocho (08) horas, considerando un consumo de 1 lt. Por trabajador. Las personas pueden sobrevivir por largos períodos sin alimentos, pero el cuerpo humano no está bien equipado para lidiar con la deshidratación, la misma que afecta la toma de decisiones y reduce la coordinación, habilidades esenciales para sobrevivir a una emergencia.
- Se recomienda la provisión de equipo Oxivida como resucitador para casos de shock y la capacitación de brigadistas en primeros auxilios por el área de emergencias.
- Un método apropiado para determinar este período de emergencia es basarse en el peor escenario posible. Tal escenario se daría con un equipo pesado con neumáticos de caucho que se incendia mientras se

desplaza por una labor principal de ventilación, el peligro para no acercarse persistirá por ocho (08) horas.

- La alarma de emergencia será activada por el personal, que se encuentre afectado por el ambiente irrespirable que ingrese a su labor o se encuentren con este ambiente en su desplazamiento, debiendo comunicar inmediatamente a la CENTRAL DE EMERGENCIA, quienes activarán el gas olorífico para la evacuación obligatoria del personal del área afectada o de acuerdo a la magnitud de toda la UEA.
- Será importante para el trabajador el entrenamiento en el uso de los auto-rescatadores que, en situaciones de emergencia, pueden ayudarlos a salvar sus vidas; se deben impartir cursos de formación teórico-práctica que informan acerca del manejo y correcta instalación en el uso del equipo.
- En el diseño de las playas de estacionamiento, serví centros, áreas de depósitos y grasas, y polvorines en labores subterráneas, se deberá prevenir que una explosión o incendio dentro de sus instalaciones, tengan un mínimo efecto a otras áreas de trabajo o instalaciones de la mina Art. 272.
- Estandarizar todas las cámaras de bombeo bajo un diseño pre-establecido con áreas de sedimentación, aguas claras e instalaciones eléctricas que cumplan las recomendaciones de los fabricantes, referidos al uso de cintas vulcanizantes en los empalmes de las fases como prevención al ingreso de humedad que es la fuente generadora de inducciones y cortos circuitos.

# ANEXOS

---

- A) Responsabilidades del Proyecto de Refugios Mineros.
- B) Vías de acceso a labores de operación al Refugio Minero y al comedor.
- C) Detalle de Monitoreos de gases y ventilación en las vías de acceso.
- D) Áreas críticas en los niveles de operación.
- E) Ubicación de comedores.
- F) Consumo de combustible.
- G) Sistema de alarma para casos de emergencia y sistema de comunicación subterránea.
- H) Planos de ubicación de los refugios mineros por cada nivel de operación.
- I) Análisis final de riesgo en fase de emergencia ARFE.
- J) Estándares para la implementación de Refugios Mineros.
- K) Características técnicas del Autorescatador.
- L) Características técnicas del equipo de luces de emergencia.
- M) Galería fotografía de comedores.

**ANEXO A:**

**RESPONSABILIDADES DEL  
PROYECTO DE REFUGIOS MINEROS**

---

**PROYECTO : REFUGIO MINERO  
RESPONSABILIDADES**

Empresa	Descripción de Actividades	Area Responsable	M.					Mayo														Junio														Agosto														Avance		Observaciones
			30	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Programado	Realizado			
			L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L							
Cia. Minera Huarón S.A.	Presentar el balance de ventilación actualizado de la UEA. Huarón.	Ventilación																																													15/100%	100%	OK.			
	Presentar los planos de ubicación de Areas Críticas ( Sub Estaciones Eléctricas, Bodegas, Depósito de Combustibles, Taller de Mantenimiento, Depósito de Aceites, Polvorines Auxiliares y Cargador de Baterías) de la UEA Huarón.	Ingeniería																																															10/100%	100%	OK.	
	Presentar la distribución de personal de operaciones y apoyo, de empresa y empresas especializadas (obreros, supervisores) por niveles de operación de la UEA Huarón.	Mina																																															15/100%	100%	OK.	
	Presentar la distribución de equipos pesados y livianos de combustión diesel de empresa y empresas especializadas (scooptrams, volquetes, jumbos, transporte de materiales y camionetas de supervisión) por niveles de operación de la UEA Huarón.	Mina																																															15/100%	100%	OK.	
	Presentar el plano de Servicios y Emergencias de la UEA. Huarón.	Ingeniería																																															10/100%	100%	OK.	
	Presentar proyectos de Chimeneas convencionales y mecanizadas de la UEA Huarón y el avance real de las chimeneas en ejecución	Ingeniería																																															10/100%	100%	OK.	
	Monitoreos de los troncales de ventilación de la UEA. Huarón con todos los ventiladores apagados.	Ventilación																																															15/100%	100%	OK.	
BMB Consulting	Validación de la información solicitada a PASSAC.																																																6/100%	100%	OK	
	Viaje de Ida y Vuelta																																																	2/100%	100%	OK
	En los planos Isométricos de ventilación de cada UEA. Señalizar las Rutas de Escape																																																	6/100%	100%	OK
	Evaluación final de los parámetros para la ubicación de los Refugios mineros.																																																3/100%	100%	OK	
	Verificar la infraestructura básica, para la implementación del Refugio Minero y la ubicación para la estación de Autorrescatadores																																																	6/100%	100%	OK
	Informe Final																																																	5/100%	100%	OK

# **ANEXO B:**

# **VIAS DE ACCESO A LABORES DE OPERACIONES Y AL COMEDOR**

---



Evaluación Para la Implementación de Refugios Mineros  
"Unidad Producción Huarón"

VIAS DE ACCESO A LABORES DE OPERACION Y AL REFUGIO MINERO

Zona	Nivel	Ventilación		RB		Via de acceso		Monitoreos				De labor+alejada		Desp.Comb.Pelig. De Incendio		Via	Control
		Vel. m/min	Secc.Labor	A. fresco	A. viciado	Tipo Sost.	Riesg.Caid.Roc.	CO2	CO	NOX	Aldehidos	Tiempo	Distancia	Almc.Madera	Desperd.madera		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Norte	700	Ingreso de aire fresco			16 a superf.	Pernos y Malla	Controlado	Valores mínimos				8 min.	630 mts de Gal 956 Sur a superficie	No se tiene		Cables eléctricos de media tensión en el piso, cruce a media sección	
	600				17 del Nv 500	Pernos, malla y cimbras						9 min.	650 mts de R-8 a R-N°1				
Norte	530	Bajo flujo de ventilación		Sin RB comunicado		Pernos y Malla	Controlado		14	0	0	5 min.	381 mts de R-551 a Rp Kosmos	No se tiene		Con ventilador apagado	Mantener prendido el ventilador
	Sur	500	Ingreso de aire fresco		Sin RB comunicado	21, 17, 14, 11, 4 al Nv.600	Pernos, malla y cimbras	Controlado	Valores mínimos				9 min.	750 mts de Gal 25 a R-N°2	No se tiene		Agua acumulada en galerías
8 min.													600 mts de R-544 a R-N°3	Via de acceso comedor subterráneo			
Norte	450	Bajo flujo de ventilación			12	Pernos, malla, cimbras, madera	Controlado		36	4.5	0	8 min.	600 mts de Bp 460 a R-N°4	No se tiene		Saturado de gases, tajeos ciegos, ventilación forzada.	Mejorar circuito de ventilación
Sur	420	Ingreso de aire fresco		Sin RB comunicado		Shotcrete, madera y cimbras	Controlado	Valores mínimos				10 min.	758 mts de OP 053 a Rp 965 zona ventilada	No se tiene		Nivel de transferencia de mineral	Campañas de desatado de rocas
Sur	370, By Pass 195	Bajo flujo de ventilación		Sin RB comunicado		Pernos, malla y cimbras	Controlado		170	13	0	3 min.	250 mts de s/n 143 a zona ventilada	No se tiene		Contaminado con gases, manga de ventilación con reducción brusca y seccionada	Se debe mejorar la instalación de mangas y conservar su diámetro inicial.
Norte	340	Ingreso de aire fresco			1	Autosostenido	Controlado	Valores mínimos				7 min.	545 mts de R-141 a zona ventilada acceso D.Pedro	Hastial de rampa 36		OK	OK
Sur	320	Ingreso de aire fresco		Base RB de 530 Satélite		Pernos y Malla	Controlado	Valores mínimos				5 min.	354 mts de R-953E a Rp 965	En Cámara de carguío		OK	OK
Sur	250	En el W. 42 m/min, en E. 90 m/min. Medidos en el final de manga			1	Pernos, malla y cimbras	Controlado	Valores mínimos				7 min.	514 mts de R-948 a R-N°7	No se tiene		Acceso inundada de agua en las dos zonas E-W, manga de ventilación deteriorada finalizando en el piso	Diseñar una buena cámara de sedimentación y bombeo, acondicionar y mejorar instalación de mangas.
Norte	250	Bajo flujo de ventilación		Sin codificación		Pernos, malla y cimbras	Controlado		240 en R-250	3.6	0	8 min., 9 min.	660 mts de R-236 a R-N°5, 700 mts de R-895 a R-N°6.	Bp 885, accesos R-765, 326, CH 694		Contaminado con gases, concentración de equipos diesel en una sola labor.	Mantener los ventiladores funcionando y planificar operación de equipos.
Sevilla	250	Ingreso de aire fresco		Sin RB comunicado		Autosostenido, madera.	Controlado	Valores mínimos				6 min.	458 mts de pique D a zona ventilada		a 20 mts del comedor, a 3 mts del pique A	Con cuneta a full capacidad y equipos deriorados	Continuar con su mantenimiento y evacuar equipos deteriorados
Norte	180	Ingreso de aire fresco			4	Shocreteado y cimbras	Controlado	Valores mínimos				7 min.	550 mts de Cx 979 sur a R-N°8	Acceso R-32, C.Carguío 180.		Con trabajos de cámara de bombeo y cunetas finales	Se mantiene señalizado las áreas de trabajo

# **ANEXO C: MONITOREO DE GASES Y VENTILACION**

---

**DETALLES DE MONITOREOS DE GASES Y VENTILACION EN LAS VIAS DE ACCESO**  
Huarón

Zona	Nivel	Labor	CO (ppm)	NOx (ppm)	Aldeidos (ppm)	Temperatura (°C)	Velocidad (m/min)	Seccion (m²)	Caudal (m³/min)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Norte	700	Acceso 956	-	-	-	11	0	-	-
		Acceso 956 (25m mas adelante)	-	-	-	12.3	60	-	-
		R 956 S	12	0	0	13	0	-	-
	600	R 15	-	-	-	15	0	-	-
		Rp 32	120	0	0	-	-	-	-
		R 8	8	0	0	13.3	36	3.2	114.75
		By Pass 258	12	0	0	-	-	-	-
	530	Rp 551	14	0	0	16	0	14.8	0
		Cx 528	10	0.2	0	13	48	8.7	417.6
	500	R 828	0	0	0	13.5	0	-	-
Gal 25		-	-	-	18	0	-	-	
Norte	450	Rp.450	36	4.5	0	13	42	-	-
		R-428	0	3.6	0	16	0	-	-
Sur	370	By Pass 740	97	1.6	0	20	0	-	-
		By Pass 195	170	13.2	0	19.6	0	-	-
		Rp 965	0	0.7	0	19.2	36	16	576
Sur	320	R 935	0	0	0	18	0	-	-
Sur	250	R 948 E (manga de ventilacion)	-	-	-	23	90	0.16	14.8
		R 948 C (manga de ventilacion)	-	-	-	26	0	0.16	0
		R 948 W (manga de ventilacion)	-	-	-	25	42	0.16	6.7
		RB 01	-	-	-	21	270	-	-
Norte	250	R-326 E	9	3.4	0	16	36	-	-
		Bp 885	39	3	0	-	-	-	-
		Rampa 894 (cámara de carguío)	75	0	0	21	30	-	-
		Rp 894 Tope	38	3.6	0	-	-	-	-
		R-250	240	3.6	0	-	-	-	-
Norte	180	Gal. 31	0	0	0	-	-	-	-
		Cámara de B-5	0	0	0	-	-	-	-
		Cx 979	0	0	0	23	6	-	-

**Labores críticas en ventilación.**

# **ANEXO D: AREAS CRITICAS EN LOS NIVELES DE OPERACION**

---

ÁREAS CRÍTICAS EN LOS NIVELES DE OPERACIÓN

Zona	Nivel	Sub Estaciones Eléctricas		Codificación, Mantenimiento, Equipo Contra Incendio				Construcción, Equipo Contra Incendio					Instalación			
		Línea a tierra.	Equip.c incen.	Scoop Dies.	Jumbos	Volquetes	Equip.Serv.	Bod.Mater.	Bod.Com.Lub.	tall.M.E.Pesad.	Tall.M.M.Perf.	Tall.M.Eléct.	Polvorines	Est.Carg.Bat.	E.Cám.Bom.	Ventiladores
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Norte	700	OK	Falta													Sobre plataforma de madera
	600			HSC 15 OK, ST N°22 OK				Piso y puerta madera, lubricante y combustible- 2da bodega sin extintor	Cilindros, bidones en Rp 104	A 50 mts de bocamina, OK			Polv.aoc. a10 mts comedor, polv.explos. A 390 mts			
Norte	530								01 bidón en Rp 551							
Norte	500	500-I, 500 II, sin señalización	OK	LHD 15, OK	DD 310, OK		Camioneta PQM-432	Piso y puerta madera, sin extintor								
Satélite								Transporte de personal, camioneta EE.Tumi								
Norte	450			ST, OK	J, OK	PI 145	Transporte de personal, camioneta, Motoniveladora.		Cilindros, bidones en Rp 11							
Norte	420	OX-12 sin señalización	OK													
Norte	375												OK			
Sur	370	Rp 30, Rp 965, sin señalización	OK	N°14, OK	JH3, OK	VI 51	Camioneta OP-2231, Tuneleros		01 bidón en Rp 965						By Pass 200 sin bomba	
Norte	340	Nv 340, sin señalización	OK	HSC 030, OK												1 ventilador sobre plataforma de madera
Sur	320	Gavia, sin señalización	OK	W paralizado, OK		VI 148		Piso y puerta madera, OK.							Bomba sumergible	
Sur	250	Rp 990, sin señalización	OK												CB N°2, CB N° 308, cables eléctricos en piso, bombeo del 250 a la estación de bombeo, de ahí a Rp 990, al Nv 520 Tapada y a Sup. Por San José.	2 ventiladores sobre plataforma de madera
Norte	250	Gal 885 sin señalización	OK	HSC-15, LHD-20, N°27, EJC, CAT 1300, N°26	SJ 021	VI 141, VI 143	Camioneta transporte de combustible	Con lubricante	Plataforma de madera, cables eléctricos.							
Sevilla	250	SE futuro						OK						OK		
Norte	180	Rampa 180, Futura SE en Cx 460	OK	QSC 036, EJC.			Camioneta de proyecto, Camión transporte de personal.	con piso de madera	Cilindros de combustible y lubricantes y madera en área de carguío y acceso a labores						CB N°1, CB N°2, CB N°3 y 07 grupos de tableros eléctricos con instalación de cables eléctricos sobredimensionados.	1 ventilador instalado sobre plataforma de madera.

Sistema de drenaje de operaciones, de los niveles superiores es por gravedad, llega hasta el Nv. 180 del cual se bombea al Nv. 250, para finalmente ser derivado a superficie por el túnel San José.

 Distancias menor a 100 mts de polvorin, respecto a comedor.  
Equipos pesados

# **ANEXO E: UBICACIÓN DE COMEDORES**

---

UBICACION DE COMEDORES

Zona	Nivel	Construcción			Instalaciones					Ventilación		Ubicación		Equipo	
		Secc.Tran.	Puerta	Pintura	Agua	Aire	Eléctricas	Iluminación	Teléfono	Vel. m/s	Secc.Labor	Dist. A.Crít.	Tipo Sost.	Kit Prim.Auxil.	Cont.Incendio
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Norte	600	4x3.2 mts.	Metálica	OK	No	OK	Entubado	OK	OK	Valores mínimos		10 mts polv.acc.	OK	No	OK
Satélite	Superficie	Calamina			No	OK	Falta entubado	OK	No	Superficie		Sin áreas críticas	Superficie	No	No
Satélite	500	3x3 mts	Madera	NT	No	OK	Falta entubado	OK	OK	Valores mínimos			OK	No	No
Norte	450	No fue inspeccionado													
Sur	420	2.3X2.3 mts	Sin puerta	OK	No	OK	Entubado	OK	OK	Valores mínimos			OK	No	No
Sur	250	No se ingresó por encontrarse inundado el acceso													
Norte	250	7.1x3.5 mts	Metálica acanalada	OK	No	OK	Falta entubado	OK	OK	Polución de gases		60 mts bodega de IESA	OK	No	OK
Sevilla	250	4.5x3.2 mts	Madera	No	No	OK	Falta entubado	OK	OK	Valores mínimos		198 mts de la SE del pique.	OK	De la estación de rescate	No
Norte	180	3.8x3.4 mts	Calamina	No	No	OK	Falta entubado	OK	OK	Valores mínimos		78 mts de SE rampa 180	OK	No	No

# **ANEXO F: CONSUMO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES**

---

**CONSUMO DE COMBUSTIBLE MINA**

U.E.A	Zona	Consumo May.Jun.Jul.	
		Combustible	Representa
Huarón	Norte y Sur	39,112	91%

**ANEXO G:**

**SISTEMA DE ALARMA PARA CASOS  
DE EMERGENCIA Y SISTEMA DE  
COMUNICACIÓN SUBTERRANEA**

---

**SISTEMA DE COMUNICACION SUBTERRANEA**

U.E.A	Casa Comprensora	Zona	Gas Olorífico	Fuent.Energ. Teléfono
Huarón	Zona Sur	Sur	Si	Independiente del sistema de energía eléctrica, con un banco de 04 Baterías.
		Satélite	Si	
	Bocamina Kosmos	Norte	Si	



**Sistema de alarma  
Zona Satélite**



**Sistema de alarma  
Zona Sur**



**Sistema de alarma  
Zona Norte**



**Fuente de Energía Independiente  
para el Sistema Telefónico**

# **ANEXO H: PLANOS DE UBICACIÓN DE REFUGIOS MINEROS**

---

**LEYENDA**

**PLANOS**

Nº de Ventiladores y CFM Totales
Nº de Extractores y CFM Totales
Balance de ingreso de Aire Fresco y Salida de Aire Viciado
Comedor Inspeccionado
Estacion de Autorescatador
Labores Mas Alejadas del Refugio Minero

**COLORES**

	Areas Inspeccionadas
	Areas Criticas
	Salida de Aire Viciado
	Refugio Minero
	Ingreso de Aire Fresco
	Ruta de Escape
- - - - -	Nº de Personas
- - - - -	Mangas de Ventilacion

# **ANEXO I: ANALISIS DE RIESGO EN FASE DE EMERGENCIA – ARFE.**

---



Evaluación Para la Implementación de Refugios Mineros  
"Unidad Producción Huaron"

ANÁLISIS DE RIESGO EN FASE DE EMERGENCIA  
Unidad Huaron

U.E.A	Zona	Nivel	Dif. Nv	Nº escl	L desp. Nv	Nº trabaj	Nº de labores			Operación	Evacuación	Cobertura de Ventilación	Ubicación Refugio		Comedor		Autorecator		Alternativas	Arees		Ventilación (CONDICION NORMAL)		Proyecto		Ventilación (CONDICION FALLA)	
							Total	Tápos	Avance				Infraest.	Dist. -alajad.	Infraest.	Dist. -alajad.	Infraest.	Distancia.		Criticas	Ingreso	Salida	Chimenea	Ingreso	Salida		
HUARON	Norte	700	A Superf.	DH	8'	2 PASSA	1	R-956.	0	P	A bocamina Nv.700	99%	NR	630 mts de Gal 956	NT	NR	Unica	SE de Bocamina	Por bocaminas 700 y 720	Por RB 16 a superficie	Ninguno	Por bocaminas 700 y 720	Monitorear RB 16 en superficie				
	Norte	600	100	34	17'	19 PASSA, Topacio	8	R-8, R-180, R-179, R-220, R-15	Bp 258, Cx 840, Bp 104	P - LA	A Nv.700 y Refugio N°1		R-N°1	790 mts de R-15, 650 mts de R-8	Ubicado a 24 mts de polvorin	Para el personal de R-8	Unica	2PO. 1CB. 2BO. 2 ST. 2CA. 1DA.	Por 2 bocaminas Sapito, Sapo, RB 05, RB 07, RB 02 + 06 ventiladores	Por bocamina Yanapoma, Sésamo, RB 16+04 extractores	SP	Por 2 bocaminas Sapito, Sapo, RB 05, RB 07, RB 02.	Monitorear bocamina Yanapoma, Sésamo, RB 16				
	Norte	530	70	24	12'	11 PASSA	2	R-551	Cx 528	P - LA	A Rampa Kosmos		NR	381 mts de R-551	NT	NR	Unica	1DA	Por rampa 551 + 1 ventilador.	Por rampa 551		Por rampa 551.	Monitorear rampa 551				
	Norte	500	30	11	6'	32 PASSA, IESA, Topacio, TDPSA	7	R-828, R-550, R-23, R-21	Gal Yanacreston, Gal 25, Cx Bernavé	P - LA	A Refugio N°2		R-N°2	750 mts de Gal 25	NT	NR	Unica	2SE. 7ST. 1JU. 4VO. 3CA.	Por bocamina 500, RB 81 + 2 ventiladores.	Por 1 extractor RB 12, Gal.25	SP	Por bocamina 500, RB 81.	Monitorear RB 12, Gal.25				
	Satélite					18 PASSA	4	R-996, R-545, R-544	Cámara RB	P - LA	A Refugio N°3		R-N°3	600 mts de R-544	Piso y puerta de madera	NR	Unica	1CA.	Por bocamina Yanamina, rampa 108, By Pass 998.	Por By Pass 998, By Pass 136	SP	Por bocamina Yanamina, rampa 108, By Pass 998.	Monitorear By Pass 998, By Pass 136				
	Norte	450	50	18	9'	10 PASSA, TDPSA	4	R-428, R-450	Bp 450, Gal.450.	P - LA	A Refugio N°4		R-N°4	600 mts de By Pass 460	Sin información preliminar	Para todo el personal del nivel.	Unica	2SE. 2 PO. 1CB. 1TM. 1ST. 2 VO.	Por la rampa 10 + 2 ventiladores.	Por Bp 450 al RB 12	CH.451	Por la rampa 10.	Monitorear Bp 450				
	Sur	420	30	11	6'	1 PASSA	1	OP 053	0	P - LA	A Zona ventilada		NR	758 mts de OP 053	Sin puerta	NR	Unica	Transferencia de mineral	Por OP 845, CH 845, CH 938, CH 09, CH 30, CH 780 +1 ventilador.	Por OP 053 al Nv. 320.	SP	Por OP 845, CH 845, CH 938, CH 09, CH 30, CH 780.	Monitorear OP 053.				
	Sur	370	50	17	8'	9 TDP, PASSA	2	R-142.	s/n 143	P - LA	A Zona ventilada		NR	250 mts de s/n 143	NT	Par a tod	Unica	1CA.	Por CH del Nv.420, Rp. 965 + 1 ventilador.	Por By 195.	SP	Por CH del Nv.420, Rp. 965.	Monitorear By 195.				
	Norte	340	30	11	6'	7 PASSA	2	R-141	Cámara 141	P - LA	A Zona ventilada		NR	545 mts de acceso Don Pedro	NT	NR	Unica	1SE. 2PO.	Por Rp 36, Rp 15 + 1 ventilador.	Por Rp 273, Gal 72 al Nv. 420 + 1 extractor.	Ninguno	Por Rp 36, Rp 15.	Monitorear Rp 273, Gal 72.				
	Sur	320	20	7	4'	4 TDPSA	2	R-935, R-936	0	P	A Zona ventilada		NR	354 mts de R-935E	NT	NR	Unica	1CB. 1SE.	Por CH 903, Cx 935 + 1 ventilador.	Por RP 965	SP	Por CH 903, Cx 935.	Monitorear RP 965				
	Norte	250	70	24	12'	69 TDPSA, PASSA, Topacio, IESA	9	R-765, R-326, R-895, R-250, SE.en construcción, Ampliación secc.	CH 694, Gal 897, Rp 894	99	A Refugio N°5, N°6 y Zona ventilada		R-N°5, R-N°6	660 mts de R-236, 700 mts de R-895, 458 mts de estación pique D	Ambiente saturado	NR	Unica	1JU. 4ST. 1VO. 1BO. 1CB. 3CA.	Por CH 196 + 1 ventilador / por Bp 885 + 5 ventiladores / por pique D, Túnel San José.	Por Rp 138, RB 04 + 1 extractor / por Bp 885, Cx Constanca Sur + 1 extractor / por Túnel San José.	SP	Por CH 196 / por Bp 885 / por pique D, Túnel San José.	Monitorear Rp 138, RB 04 / Monitorear Bp 885, Cx Constanca Sur / por Túnel San José.				
	Sur					26 IESA, PASSA	9	R-827, R-825, R-948EWC, R-308.	CH 904, Rp 825	P - LA	A Refugio N°7		R-N°7	514 mts de R-948	Acceso inundado	NR	Unica	01 CB, 01 Jum. 2SE. 1CB. 1BO. 2CA.	Por Rp 990, Cx 263 + 6 ventiladores.	Por RB 1 + 1 extractor.	SP	Por Rp 990, Cx 263.	Monitorear RB 1.				
	Norte	180	70	24	12'	25 PASSA, TDPSA	6	R-32, R-31.	Cx.979, Gal.32, Cámara de bombeo 4-5, Cámara de sondeaje.	P - LA	A Refugio N° 8		R-N°8	550 mts de Cx 979 Sur	Material inflamable	NR	Unica	1JU. 3ST. 1 CU. 5CB. 1BO. 2CA.	Por la Rampa 180 + 6 ventiladores.	Por RB 04, CH 861 al Nv 250 + 1 extractor.	SP	Por la Rampa 180.	Monitorear RB 04, CH 861.				
TOTAL		11				233	57	36	15			8															

Leyenda:  
P Producción  
LA Labores de Avance  
SD Sin Distribución  
NR No requiere  
NT No tiene  
SP Sin Programa  
Priorizar implementación de RM.

Áreas Críticas:  
JU Jumbo  
ST Scooptrams  
VO Volquete  
CA Camioneta

CB Cámara de Bombeo  
BO Bodega  
SE Sub Estación Eléctrica  
PO Polvorin  
DA Depósito de Aceite  
TM Taller de Mantenimiento

**ANEXO J:**

**ESTANDARES PARA LA  
IMPLEMENTACION DE REFUGIOS  
MINEROS**

---

<b>ESTANDARES PARA IMPLEMENTAR UN REFUGIO MINERO</b>	
<b>INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS</b>	
–	Desquinche de labores hasta lograr una sección de 3 x 2.7 x 5 mts.
–	Ingreso al refugio por una puerta metálica, que se debe abrir hacia fuera, herméticamente colocada en un muro de quincones de concreto (Art. 201, inciso g – RSHM).
–	Línea de Aire y Agua con tubería metálica en los últimos 100 mts., debidamente señalizada con sus respectivas válvulas de control (Art. 201, inciso g – RSHM).
–	Instalación telefónica dentro de una tubería metálica en los últimos 100 mts., con su respectiva guía telefónica (Art. 113 – RSHM).
–	Instalación de iluminación en el refugio, con el cableado dentro del tubo metálico en los últimos 100 mts.
–	Pintado en su interior con pintura color blanco epoxi u otro tono pálido.
–	Distancia de una posición de riesgo, máximo a 750 mts.
–	Ubicación a 100 mts. de polvorines.
–	01 extintor de PQS, de 20 lbs. de capacidad, con cartucho interno o externo.
–	01 inodoro.
–	02 bidones de agua potable de 20 lts. c/u.
–	03 arneses de seguridad clase III, con su respectiva línea de vida.
–	02 juego de naipes.
–	01 equipo de luces de emergencia con batería de 12 voltios, para una autonomía de 10 horas.
–	01 mesa.
–	02 linternas de largo alcance con pantalla halógena.
–	Luz estroboscópica intensa en el acceso a la cámara.
–	01 estación de lava ojos.
–	Inspeccionados semanalmente con una lista de verificación
–	Autonomía de 8 horas
<b>HERRAMIENTAS (Art. 201 – RSHM)</b>	
–	01 pico.
–	01 lampa.
–	01 juego de barretilla: de 4', 8', 10'.
–	01 cizalla de 24 pulgadas.
<b>ELEMENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS</b>	
–	01 frazadas.
–	01 camilla de rescate.
–	01 botiquín de primeros auxilios básicos.
–	01 kit de férulas de 6 piezas.
–	01 collarín cervical.
–	01 equipo oxivida.
–	03 balones de oxígeno grado médico con sus accesorios (botellas de 2,400 lts de capacidad).

# **ANEXO K: CARACTERISTICAS TECNICAS DEL AUTO - RESCATADOR**

---

### Autorescatador "Atox"



#### **Características del Producto:**

- ✓ El filtro auto-rescatador Self-Rescuer "Atox 2000" forma parte del equipamiento básico que debe acompañar a los mineros que trabajan en minas subterráneas. El auto-rescatador "Atox 2000" ha sido diseñado para proteger a los trabajadores contra el Monóxido de Carbono y otros gases producidos por emergencias causadas por incendios o explosiones.
- ✓ Su diseño compacto y robusto, en conjunto con su baja resistencia a la inhalación y baja generación de temperatura, hacen del auto-rescatador "Atox 2000" la alternativa más conveniente para la protección de los mineros.
- ✓ Su sistema catalizador permite la utilización del auto-rescatador "Atox 2000" en ambientes contaminados con 1% de CO que, junto a su sistema enfriador, genera una temperatura de reacción inferior a 65 °C.
- ✓ El auto-rescatador "Atox 2000" se encuentra contenido en un recipiente portador de acero inoxidable resistente a golpes y deformaciones, lo que asegura su hermeticidad y buen funcionamiento. Fácil de usar en una emergencia, el auto-rescatador "Atox 2000" ha sido concebido para ser portado en forma permanente en el cinturón del minero o para ser ubicado en estantes de suministro.

#### **Operación:**

- ✓ El auto-rescatador SR-60 es un dispositivo de protección respiratoria que utiliza un elemento catalizador que convierte el CO de la atmósfera en CO<sub>2</sub>. Este equipo está diseñado para una concentración no superior a
- ✓ 1,5% de CO y la concentración de Oxígeno no debe ser inferior a 18% por volumen.
  
- ✓ El proceso de catalización ( $CO+O_2 = CO_2+282,99 \text{ KJ}$ ) genera temperatura, la que se reduce en el reductor de temperatura. La humedad generada en el proceso es absorbida en el filtro secador.

#### **Otras Características (Físicas):**

- ✓ Protección efectiva contra el CO.
- ✓ 60 minutos de duración a 1% de CO.
- ✓ Fácil de usar y transportar.
- ✓ Carcaza de acero inoxidable.
- ✓ Pequeño y robusto.
- ✓ Hermético sellado al vacío.
- ✓ Catalizador de CO de baja reactividad.
- ✓ Sello de cierre para evitar aperturas involuntarias.
- ✓ Presilla para portar en cinturón.
- ✓ Resistente a golpes y deformaciones.
- ✓ Baja resistencia a la inhalación.

#### **Información Técnica:**

- ✓ Tiempo de protección a 1% de CO: 60 minutos.
- ✓ Peso aproximado: 1000 g.
- ✓ Dimensiones: 10.0 x 9.3 x 13.3 cm.
- ✓ Resistencia a la Inhalación.
  - A 30 LPM: 89 Pa
  - A 85 LPM: 340 Pa
- ✓ Resistencia a la Exhalación
  - A 30 LPM: 275 Pa
  - A 85 LPM: 880 Pa

**ANEXO I:**

**CARACTERISTICAS TECNICAS DEL  
EQUIPO DE LUCES DE EMERGENCIA**

---

LUCES DE EMERGENCIA "EXPLORER" ESPECIFICACIONES TECNICAS					
MODELO	DIAGRAMA 7A		DIAGRAMA 40A		
	LE-103 LH	LE-201 LH	LE-1022LH	LE-2010LH	LE-552 LH
ALIMENTACION	220 VAC	220 VAC	220 VAC	220 VAC	220 VAC
FRECUENCIA	60 Hz.	60 Hz.	60 Hz.	60 Hz.	60 Hz.
LUMINARIAS	2X10 W	2X20 W	2X10 W	2X20 W	2X55 W
FLUJO LUMINOSO	260 lm	640 lm	260 lm	640 lm	1 860 lm
AUTONOMIA	3 Hrs.	1 Hr.	22 Hrs.	10 Hrs.	2 Hrs.
TIEMPO DE CARGA	12 Hrs.	12 Hrs.	8 Hrs.	8 Hrs.	8 Hrs.
CONSUMO MAXIMO	12 W	12 W	36 W	36 W	36 W
BATERIA	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V
	SELLADA, LIBRE DE MANTENIMIENTO				
TIPO DE LUMINARIA	HALOGENADA				
CARGADOR	AUTOMATICO				
GABINETE	METALICO, PINTADO AL HORNO				
INDICADORES LUMINOSOS	PRESENCIA DE LINEA				
	CARGADO DE BATERIA				
	SELECCIONADO DE LUMINARIAS				
CONTROLES	INTERRUPTOR GENERAL				
	INTERRUPTORES DE LUMINARIAS				
	PULSADOR DE PRUEBA				
PROTECCION DE BATERIA	CIRCUITO LIMITADOR DE DESCARGA DE LA BATERIA				
DIMENSIONES	DIAGRAMA 7A		DIAGRAMA 40A		
ALTO (cm.)	31		40		
ANCHO (cm.)	25		34		
PROFUNDIDAD (cm.)	11		15		
PESO APROX. ( kg.)	5		15		

# **ANEXO M: GALERIA DE FOTOS DE COMEDORES**

---



**Fotografía N° 1. Cable Eléctrico de Media Tensión – Piso  
Nivel 700**



**Fotografía N° 2. Stock de Madera, Línea de Servicios –  
Nivel 600**



**Fotografía N° 3. Combustible, Madera – Nivel 530**



**Fotografía N° 4. Stock de Madera en vía de Acceso – Nivel 500**



**Fotografía N° 5. Abastecimiento de Combustible – Nivel 340**



**Fotografía N° 6. Línea de Servicio – Nivel 320**



**Fotografía N° 7. Instalación de Ventilador – Nivel 280**



**Fotografía Nº 8. Riesgo Eléctrico – Nivel 250 Sur**



**Fotografía Nº 9. Stock de Madera, Lubricante, Ventilador –  
Nivel 180**

# **INFORME DE IMPLEMENTACIÓN DE REFUGIOS MINEROS**



**UNIDAD YAULI - MINA SAN CRISTÓBAL  
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.**

Departamento de Respuesta a Emergencia

Septiembre 2012

## **1 JUSTIFICACIÓN.**

En cumplimiento del Reglamento de Seguridad ocupacional en Minería, que en su TITULO CUARTO, **GESTIÓN DE LAS OPERACIONES MINERAS**, capítulo dos, artículo 233, **Acceso y vías de escape**; establece consideraciones de diseño acerca de las vías de acceso, las rutas de escape y los refugios mineros. Y que estas consideraciones de obligación legal, deben ser de cumplimiento cabal en concordancia con la Política de Seguridad, Medio Ambiente y Calidad de Volcan Compañía Minera S.A.A. Surge la necesidad de evaluar el cumplimiento sobre las consideraciones referentes a rutas de escape, y refugios establecidas en el artículo 233 del D.S 055 – 2010 – EM.

Esta evaluación, consiste en validar mediante las herramientas de gestión de seguridad con las que cuenta el Departamento de Respuesta a Emergencia Yauli, la cantidad de trabajadores que no podrán alcanzar la superficie, desde su lugar de trabajo en el lapso de 1 hora, empleando los métodos normales de salida, para los cuales se hace necesario implementar refugios mineros.

## **2 ALCANCE**

La evaluación es establecida para los niveles de profundización de la mina, partiendo del nivel 1020, evaluando el nivel 1070 y la proyección sobre el nivel 1120.

### 3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

#### 3.1 TIEMPO SE SALIDA DE LA MINA

Mediante el análisis de información registrada en los simulacros de evacuación minera, se ha evidenciado, que los trabajadores podrán llegar a superficie, en un lapso de tiempo de 55 minutos, partiendo del nivel 1070, empleando las unidades vehiculares establecidas para su zona de trabajo.

DEPARTAMENTO DE RESPUESTA A EMERGENCIA	
REPORTE DE ACTIVACION DE ALARMAS	
N° REPORTE :	2 8 1 2
FECHA :	02-ago-12
NOMBRE DEL INFORMANTE :	Marco Salazar Colonio
TIPO DE ACTIVACION	
<input checked="" type="checkbox"/> ALARMA DE EVACUACIÓN MINERA	<input type="checkbox"/> ALARMA DE INCENDIO
LUGAR DE MEDICIÓN :	Rampa 1020
TIEMPO DE PERCEPCIÓN DE LA ALARMA :	30 minutos
TIEMPO DE EVACUACIÓN A SUPERFICIE :	54 minutos
<u>OPORTUNIDADES DE MEJORA :</u>	
Capacitar al personal nuevo, que inicialmente se vió desorientado	
<u>ACCION TOMADA :</u>	
Se capacitó al personal en general (Nuevos y antiguos) sobre alarma de mina y evacuación de mina.	
<u>RESULTADO DE LA ACCION:</u>	
Se Cuenta con personal mejor capacitado y entrenado en alarma de mina y evacuación de mina	

### 3.2 TIEMPO PERCEPCIÓN DE LA ALARMA MINERA EN LA ZONA DE PROFUNDIZACIÓN.

Mediante el análisis de información registrada en los simulacros de evacuación minera, se ha evidenciado, que la alarma minera, es percibida por los trabajadores en un lapso de 28 minutos en el nivel 1020, y 35 minutos en el nivel 1070, desde el momento de su activación en superficie.

### 3.3 CONCLUSIONES.

Debido a que el tiempo empleado por los trabajadores para salir de la mina es muy cercano a una hora, se hace necesario implementar refugios mineros a fin de asegurar el cumplimiento legal en forma permanente, durante el proceso de expansión de la unidad minera.

Ya que los vehículos de transporte, no siempre estarán disponibles en todo momento que el personal lo requiera, para ciertos casos de evacuación de mina, en momentos inesperados, el tiempo de evacuación podría ser mayor a una hora.

Ya que los parámetros para implementar refugios mineros establecidos en la ley, solo hacen mención del tiempo de evacuación de mina sin considerar el tiempo de percepción de la alarma minera, se establece que los parámetros legales son cumplidos por el momento. Sin embargo, el Área de Respuesta a Emergencia, estipula que el análisis que debe realizar la organización, debe ser empleando la suma de los tiempos entre la activación de la alarma, su percepción en los niveles de profundización, y la evacuación de mina, Que para el caso de mina San Cristóbal, el tiempo acumulado es de una hora cuarenta minutos.

### 3.3 RECOMENDACIONES.

A fin de asegurar el cumplimiento legal, y mitigar la ocurrencia de posibles emergencias, se recomienda implementar 2 refugios mineros, con capacidad cada uno de 20 personas, a fin de asegurar salvaguarda para 40 trabajadores de las zonas de profundización de la mina.

A fin de realizar un análisis conveniente para la organización, sobrepasando los mínimos requisitos legales establecidos en el Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en Minería, Se requiere implementar refugios mineros, teniendo como base la suma de tiempos de alarma y evacuación de mina desde la zona de profundización, y no el tiempo de desplazamiento de 30 minutos establecido en la ley.

#### **ACCIONES REALIZADAS.**

En cumplimiento de las recomendaciones del presente análisis, se han implementado 2 refugios mineros, uno en el nivel 1020, y el otro en el nivel 1070.

#### **UBICACIÓN DE LOS REFUGIOS MINEROS**

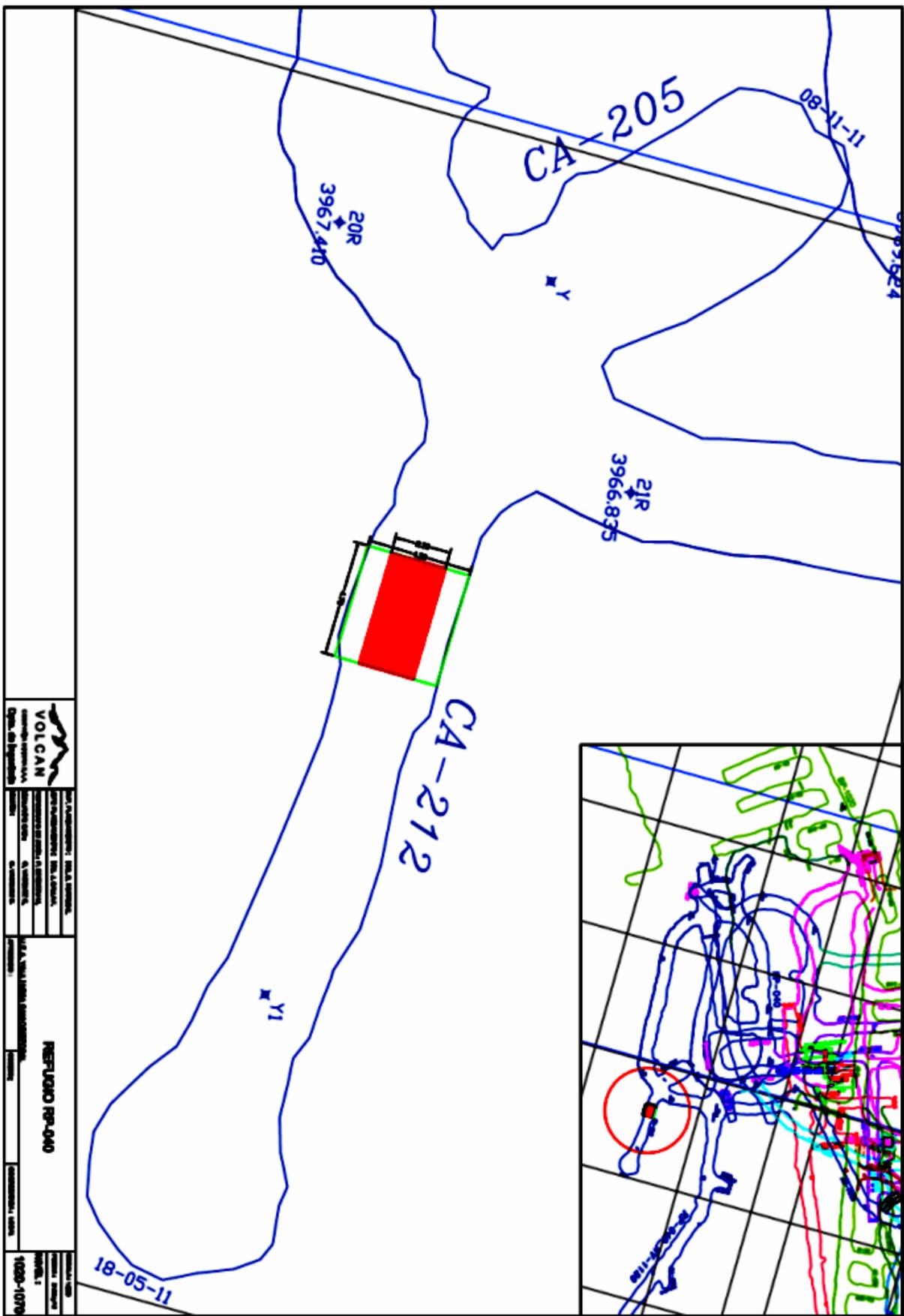
Los refugios mineros han sido ubicados en:

Nv 1020 By pass 1020 crucero 18

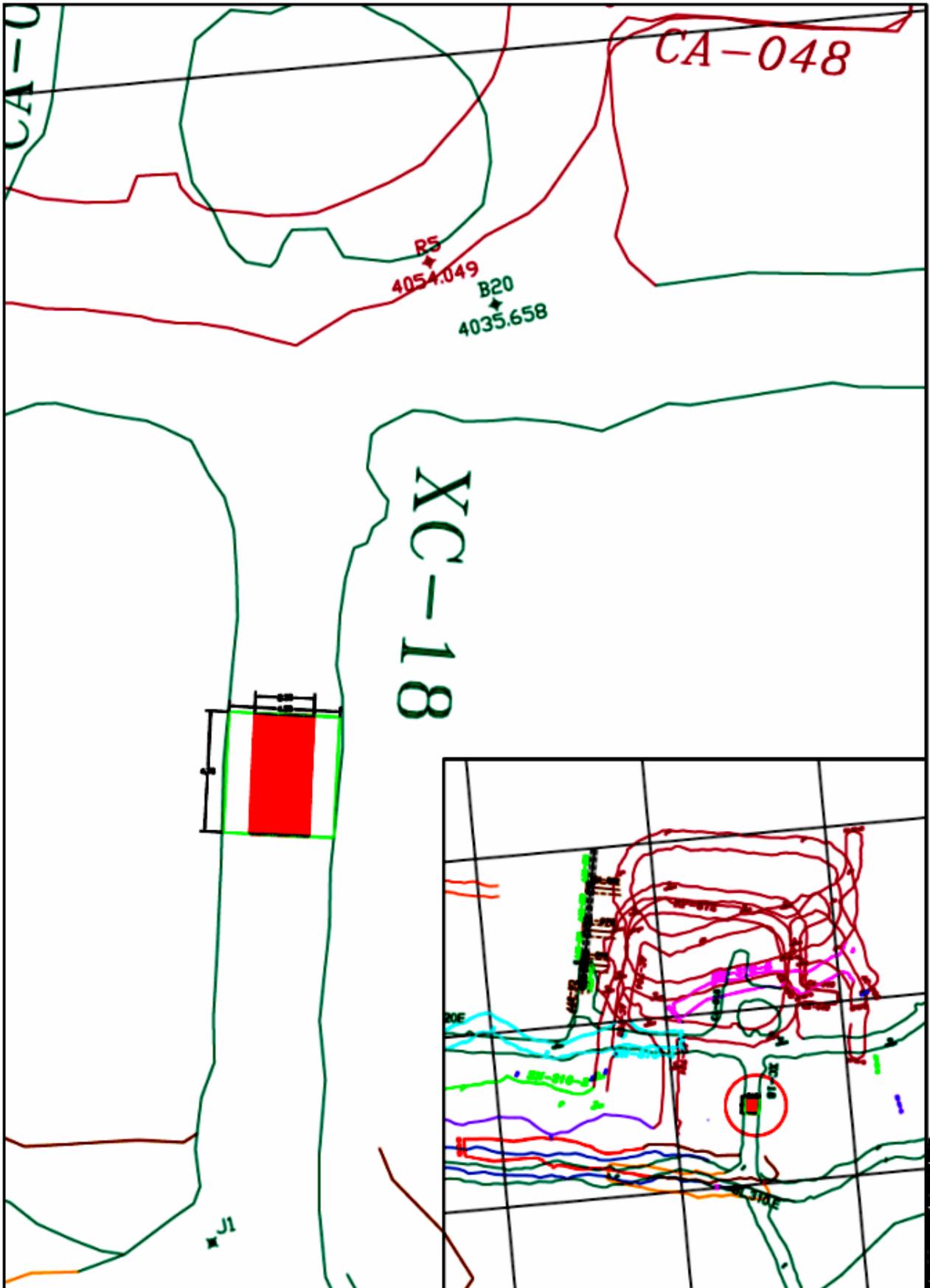
Nv 1070 cámara 212

# **Anexos**

**Bosquejos de ubicación de los refugios mineros – Unidad San Cristóbal**



INSTITUCIÓN: INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS	INSTITUCIÓN: INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS
PROYECTO: REFLUJO RP-040	PROYECTO: REFLUJO RP-040
FECHA: 18-05-11	FECHA: 18-05-11
ESCALA: 1:5000	ESCALA: 1:5000
AUTORES:	AUTORES:
REVISOR:	REVISOR:
APROBADO:	APROBADO:
1000-1070	1000-1070



 <b>VOLCAN</b> COMPAÑIA MINERA S.A.A. Dept. de Ingeniería	MAPA DE PLANEAMIENTO 1:50,000, 1988/89	<b>REFUGIO BP-1020_XC-18</b>		ESCALA 1:1000
	MAPA DE PLANEAMIENTO 1:50,000, 1988/89			PLANOS 1:50,000
	DISEÑO DE OBRAS 1:5,000	<b>U.E.A. YALU MINA SAN CRISTOBAL</b>		NOVEL 1
	DISEÑO DE OBRAS 1:5,000, 1988/89	APROBADO:	DISEÑADO:	1020



SUP. DE PLANEAMIENTO : ING. D. TORRES E.  
 JEFE DE PLANEAMIENTO : ING. J. CALLA F.  
 TOPOGRAFO DE ZONA : C. MELO I.  
 DIBUJANTE CAD : O. VASQUEZ C.  
 DISEÑO CAD : O. VASQUEZ C.

**REFUGIO BP-1020\_XC-18**  
 U.E.A. YAULI MINA SAN CRISTOBAL  
 APROBADO : CODIGO : COORDENADA : LOCAL

ESCALA : 1/200  
 FECHA : 31/May/12  
 NIVEL :  
**1020**