

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



"IMPLEMENTACION DE REFUGIOS MINEROS EN EL NIVEL 4100, COMO PARTE DE RESPUESTA A EMERGENCIAS; EN LA EMPRESA MINERA LOS QUENUALES - UNIDAD MINERA YAULIYACU"

*TESIS*

*PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE*

**INGENIERO DE MINAS**

Presentado por:

***Bachiller: SANTOS VALLE, Israel Jhonson***

***Asesor: Mg. BENAVIDES CHAGUA, Silvestre F.***

*Cerro de Pasco - Perú*

2018

DEDIUNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**“IMPLEMENTACION DE REFUGIOS MINEROS EN EL NIVEL 4100, COMO PARTE DE RESPUESTA A EMERGENCIAS; EN LA EMPRESA MINERA LOS QUENUALES – UNIDAD MINERA YAULIYACU”**

Presentado por:

***Bachiller: SANTOS VALLE, Israel Jhonson***

*Sustentado el 08 de enero del 2019 y aprobado ante la comisión de*

*Jurados*

---

***Mg. SANCHEZ ESPINOZA, Edwin Elías***

***Presidente***

---

***Ing. SANTIAGO RIVERA, Julio Cesar***

***MIEMBRO***

---

***Ing. FLORES MEJORADA, Rosas***

***MIEMBRO***

## DEDICATORIA

A DIOS, por darme la oportunidad de vivir en esta su hermosa creación. A Dolores mí querida madre que se encuentra a la diestra del señor.

Con especial afecto a Leoncio, mi querido padre por su apoyo en todo momento. Para mi amada Esposa Magdalena, madre abnegada. Para mis queridos hijos, por su inmenso amor y cariño. Para todos mis hermanos y hermanas por el gran respeto fraterno que nos une.

# INDICE

	Pág.
CARÁTULA .....	01
DEDICATORIA .....	03
INDICE .....	04
INTRODUCCION .....	08
RESUMEN .....	09
CAPÍTULO I .....	11
PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	11
1.1 IDENTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.2 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION .....	12
1.2.1 Delimitación espacial .....	12
1.2.2 Delimitación temporal .....	12
1.2.3 Delimitación conceptual .....	12
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA .....	13
1.3.1 Problema general .....	13
1.3.2 Problema específico .....	13
1.4 FORMULACION DE OBJETIVOS .....	13
1.4.1 Objetivo general .....	13
1.4.2 Objetivos específicos .....	14
1.5 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION .....	14
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION .....	15
1.7 LUGAR DONDE SE DESARROLLA LA INVESTIGACION .....	16
CAPÍTULO II .....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	17
2.2 BASES TEORICAS – CIENTIFICAS .....	19
2.2.1 Definición de refugio minero .....	19
2.2.2 Características de los refugios .....	23
2.2.3 Componentes del sistema estándar de la cámara .....	25
2.2.4 Componentes del sistema estándar eléctrico .....	28
2.2.5 Componentes opcionales del sistema para monitoreo .....	29

2.2.6 Componentes opcionales del sistema de seguridad .....	31
2.2.7 Accesorios .....	32
2.3 FORMULACION DE HIPOTISIS .....	34
2.3.1 Hipótesis general .....	34
2.3.2 Hipótesis específicos .....	34
2.4 IDENTIFICACION DE VARIABLES .....	34
2.4.1 Variables para la hipótesis general .....	34
2.5.2 Variables para las hipótesis específicas .....	35
2.5 DEFINICION DE TERMINOS .....	35
CAPÍTULO III .....	41
METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION .....	41
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION .....	41
3.2 METODOS DE LA INVESTIGACION .....	41
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	42
3.4 POBLACION Y MUESTRA .....	42
3.4.1 Población .....	42
3.4.2 Muestra .....	42
3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS .....	42
3.5.1 Técnicas .....	42
3.5.2 Instrumentos .....	42
CAPITULO IV .....	44
RESULTADOS .....	44
4.1 GENERALIDADES DE LA MINA .....	44
4.1.1 Ubicación y accesibilidad .....	44
4.1.2 Geología general .....	47
4.1.3 Fisiografía .....	47
4.1.4 Drenaje .....	47
4.1.5 Clima y vegetación .....	47
4.1.6 Estratigrafía .....	48
4.1.7 Método de minado .....	53
4.1.7.1 Descripción de la mina .....	53
4.1.7.2 Reservas geológicas .....	54
4.1.7.3 Método de explotación por subniveles con SLS ....	55

4.2 IMPLEMENTACION DE REFUGIOS MINEROS EN EL NIVEL 4100	60
4.2.1 Evaluación de riesgos del refugio del Nivel 4100 .....	60
4.2.2 Características técnicas .....	66
4.2.3 Ubicación de refugio minero Nivel 4100 .....	67
4.2.4 Mapa de riesgos y vías de escape – mina .....	69
4.2.5 Estudio de estabilidad refugio minero Nivel 4100 .....	70
4.2.5.1 Introducción .....	70
4.2.5.2 Mapeo Geo mecánico .....	70
4.2.5.3 Recomendación para sostenimiento .....	72
4.2.6 Plano geológico del refugio minero Nivel 4100 .....	79
4.2.7 Plano unifilar de ventilación Unidad Minera Yauliyacu .....	80
4.2.8 Ventilación refugio minero Unidad Minera Yauliyacu .....	81
4.2.9 Sistema de drenaje Unidad Minera Yauliyacu .....	83
4.2.10 Sistema de alarma y comunicación para emergencia en mina Unidad Minera Yauliyacu .....	84
4.2.11 Cartilla de activación de alarma olorífica .....	86
4.2.12 Cartilla para el uso del refugio minero subterráneo .....	87
4.2.13 Diseño de refugio minero Nivel 4100 .....	88
4.2.14 Diseño de taladros para refugio minero Nivel 4100 .....	89
4.2.15 Distancia de refugio minero Nivel 4100 a zona de explotación	92
4.2.16 Cronograma de actividades para implementación refugio minero Nivel 4100 .....	93
4.3 FASE DE OPERACION DE LOS REFUGIOS EN CASO DE UNA EMERGENCIA.....	95
4.3.1 Ingreso .....	96
4.3.2 Permanencia .....	100
4.3.3 Elementos de apoyo .....	103
4.3.4 Evacuación .....	114
4.3.5 Evacuación de emergencia .....	115
4.3.6 Situaciones extremas .....	115
4.3.7 Requisitos mínimos de seguridad de los refugios para casos de siniestro .....	120

CONCLUSIONES .....	125
RECOMENDACIONES .....	126
BIBLIOGRAFIA .....	127
ANEXOS .....	129

## **INTRODUCCION**

La implementación de refugios mineros tiene como propósito contar con instalaciones adecuadas, ubicadas estratégicamente en la zona baja de las operaciones mineras de acuerdo a la evaluación de riesgos generados básicamente por atmósferas irrespirables y nocivas, las cuales podrían resultar de incendios subterráneos (en centros de acopio de hidrocarburos, bodegas y depósitos de materiales, equipos diésel, equipos e instalaciones eléctricas) o uso de explosivos (para voladura de labores y tajeos) que pueden generar acumulación de gases; es por ello que este refugio debe ser hermético y seguro, y está contemplado como parte del plan de respuesta a emergencias. La implementación de los refugios mineros es de vital importancia en las operaciones subterráneas para asegurar la gestión de las emergencias, a fin de garantizar el cumplimiento de nuestra política de prevención. La información que se presenta en la investigación es, principalmente, una evaluación de riesgos, realizada en las instalaciones subterráneas de Empresa Minera Los Quenuales S.A. – UM Yauliyacu, con la finalidad de contar con un refugio minero subterráneo, de capacidades superiores, que permitiera alojar a los trabajadores en condición de emergencia, permitiendo su supervivencia, conforme con la reglamentación minera, en condiciones de seguridad y confort, conforme con protocolos médicos especializados y conceptos de ergonomía. Es por este motivo que se realizó la presente investigación.

EL AUTOR

## RESUMEN

La presente investigación que en esta oportunidad tengo a bien de presentar trata sobre la **“IMPLEMENTACION DE REFUGIOS MINEROS EN EL NIVEL 4100, COMO PARTE DE RESPUESTA A EMERGENCIAS; EN LA EMPRESA MINERA LOS QUENUALES - UNIDAD MINERA YAULIYACU”**

Cuyo desarrollo es de cuatro capítulos que brevemente lo resumo a continuación.

El Capítulo I, desarrolla aspectos generales enfocando a la problemática de la investigación, considerando aspectos como: identificación y planteamiento del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, formulación de objetivos, justificación e importancia de la investigación, limitaciones de la investigación, lugar donde se desarrollará la investigación.

El Capítulo II, trata sobre el marco teórico considerando: antecedentes del problema, bases teóricas - científicas, formulación de hipótesis, identificación de variables, definición de términos.

El capítulo III, describe la metodología y técnicas de investigación; comprendiendo: tipo y nivel de investigación, métodos de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El Capítulo IV, trata sobre los resultados de la investigación considerando los siguientes aspectos: generalidades de la mina, implementación de refugios mineros en el nivel 4100, evaluación de riesgos del refugio del nivel 4100, características técnicas, ubicación de refugio minero nivel 4100, mapa de riesgos

y vías de escape – mina, estudio de estabilidad refugio minero nivel 4100, ventilación refugio minero unidad minera Yauliyacu, sistema de alarma para casos de emergencia y sistema de comunicación subterránea unidad minera Yauliyacu, cartilla de activación de alarma olorifica, diseño de refugio minero nivel 4100, diseño de taladros para refugio minero nivel 4100, cronograma de actividades para implementación refugio, fase de operación de los refugios en caso de una emergencia; concluyendo con las conclusiones y recomendaciones

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La implementación de refugios mineros tiene como propósito contar con instalaciones adecuadas, ubicadas estratégicamente en la zona baja de las operaciones mineras de acuerdo a la evaluación de riesgos generados básicamente por atmósferas irrespirables y nocivas, las cuales podrían resultar de incendios subterráneos (en centros de acopio de hidrocarburos, bodegas y depósitos de materiales, equipos diésel, equipos e instalaciones eléctricas) o uso de explosivos (para voladura de labores y tajeos) que pueden generar acumulación de gases; es por ello que este refugio debe ser hermético y seguro, y está contemplado como parte del plan de respuesta a emergencias. La implementación de los refugios mineros es de vital importancia en las operaciones subterráneas para asegurar la gestión de las

emergencias, a fin de garantizar el cumplimiento de nuestra política de prevención. La información que se presenta en la investigación, es principalmente una evaluación de riesgos, realizada en las instalaciones subterráneas de Empresa Minera Los Quenuales S.A. – UM Yauliyacu, con la finalidad de contar con un refugio minero subterráneo, de capacidades superiores, que permitiera alojar a los trabajadores en condición de emergencia, permitiendo su supervivencia, conforme con la reglamentación minera, en condiciones de seguridad y confort, conforme con protocolos médicos especializados y conceptos de ergonomía. Es por este motivo que se realizó la presente investigación.

## **1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.2.1 Delimitación espacial.**

El presente trabajo se ha realizado en La Unidad Minera Yauliyacu que se encuentra ubicada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima, a una altitud promedio de 4200 m.s.n.m, localizada en la Cordillera Occidental de los Andes del Perú, en la cuenca hidrográfica del río Rímac, entre las coordenadas 11° 3' Latitud S y 76° 10' Longitud W.

### **1.2.2 Delimitación temporal.**

6 meses; Enero del 2018 – Julio del 2018.

### **1.2.3 Delimitación conceptual.**

La presente tesis está enmarcada dentro del aspecto de la seguridad y salud ocupacional en minería subterránea. Dentro de los aspectos conceptuales que se desarrollan se considera: refugio minero, marco

legal, implementación de refugio minero en el Perú, análisis de riesgos, características de los refugios, procedimiento de ingreso, permanencia en un refugio, evacuación y situaciones extremas.

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

#### **1.3.1 Problema General.**

¿Cómo la evaluación de riesgos asegurara la viabilidad de instalación del refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno y en situaciones extremas garantizando su operatividad ante una emergencia en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu?

#### **1.3.2 Problemas específicos.**

- a. ¿Qué procedimiento operativo de permanencia debe realizarse en el refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno y nos garantiza su operatividad ante una emergencia, en la Empresa Minera los Quenuales – Unidad Minera Yauliyacu?
- b. ¿Qué procedimiento operativo en situaciones extremas debe realizarse en el refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno y nos garantiza su operatividad ante una emergencia, en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu?

### **1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.**

#### **1.4.1 Objetivo General.**

Evaluar si los riesgos aseguran la viabilidad de instalación del refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno y en

situaciones extremas garantizando su operatividad ante una emergencia en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- a. Determinar el procedimiento operativo de permanencia que debe realizarse en el refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno y nos garantiza su operatividad ante una emergencia en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu.
- b. Determinar el procedimiento operativo en situaciones extremas que debe realizarse en el refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno y nos garantiza su operatividad ante una emergencia, en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu.

#### **1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación justifica su realización y remarca su importancia en las operaciones subterráneas para asegurar la gestión de las emergencias, a fin de garantizar el cumplimiento de nuestra política de prevención, toda vez que al contar con un refugio minero subterráneo, de capacidades superiores, nos permitiera alojar a los trabajadores en condición de emergencia, permitiendo su supervivencia, conforme con la reglamentación minera, en condiciones de seguridad y confort, conforme con protocolos médicos especializados y conceptos de ergonomía.

Por otra parte al contar con esta evaluación de riesgos se podrá dar respuesta ante aspectos deficientes en forma inmediata, 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.

Actualmente, la minera Yauliyacu 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, así tenemos el estallido de rocas y posterior colapso de labores mineras entre otros riesgos.

Por tal razón, es lógico concluir que, para los años venideros, será necesario contar con refugios, técnica y estratégicamente ubicados en interior mina,

En consecuencia, de lo descrito, es 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,

Estos aspectos justifican y dan la debida importancia a la realización de la investigación.

## **1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Podemos tener limitación en cuanto a:

- Financiamiento para la elaboración del presente estudio.
- Apoyo de personal capacitado.
- Limitaciones en cuanto al apoyo de la empresa no se han encontrado.

## **1.7 LUGAR DONDE SE DESARROLLA LA INVESTIGACIÓN.**

El presente trabajo se realiza en las instalaciones de la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu, que se encuentra ubicada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima, a una altitud de 4200 msnm, localizada en la Cordillera Occidental de los Andes del Perú, en la cuenca hidrográfica del río Rímac, entre las coordenadas 11° 3' Latitud S y 76° 10' Longitud W.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.**

Habiendo hecho una revisión sobre el tema de investigación en el campo de la minería, encontramos que todas las Empresas Mineras Grandes y Medianas, tienen dentro de su sistema de seguridad y salud ocupacional el de contar con un refugio minero.

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

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

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

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.

#### **VOLCAN COMPAÑÍA MINERA SAA - UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL.**

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,

Volcán 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.

### **COMPAÑÍA MINERA SAN JOSE – CHILE.**

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 establecer mayor detalle operacional para los refugios mineros instalados y por ser instalados en las minas subterráneas que operan a nivel nacional.

## **2.2 BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS.**

### **2.2.1 Definición de Refugios Mineros.**

#### **a. Refugio minero fijo.**

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 7.5023. 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). 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.

#### **b. Refugio minero móvil.**

El refugio minero móvil es un módulo autónomo, estanco y resiste a la caída de rocas, diseñado para albergar 20 personas en una situación de emergencia. Cuenta con un sistema de depuración atmosférica que regula la concentración de Oxígeno y Dióxido de Carbono asegurando las condiciones fisiológicas de los trabajadores en su interior durante 48 horas, en espera del personal rescatista. De igual forma cuenta con alimentación balanceada, agua depurada, ropa de cambio, servicios higiénicos y entretenimiento para evitar las condiciones que generan el stress.

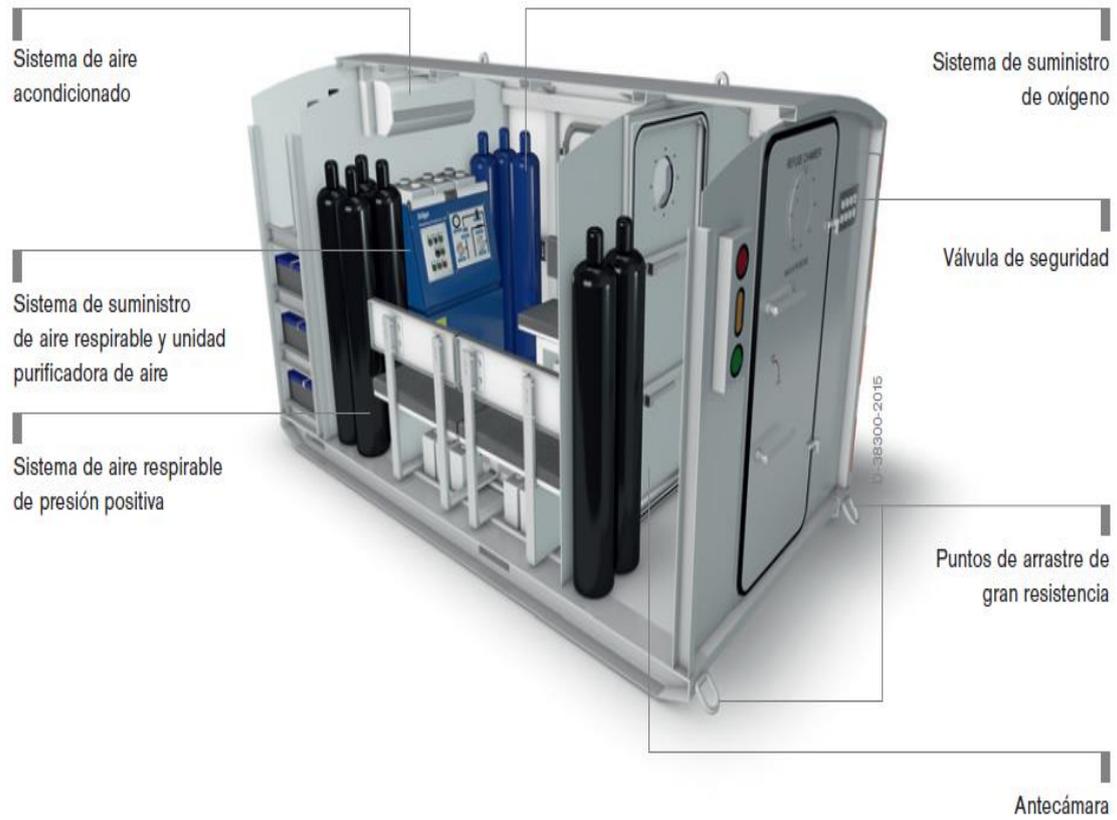
Ha sido diseñado para soportar condiciones extremas, causadas tanto por un derrumbe como un incendio, contando con aislamiento térmico y una barrera de material ignífugo para la protección de las personas. El sistema eléctrico

es sostenido por un banco de baterías capaz de soportar las demandas del refugio toda la estadía de los trabajadores y cuenta con un sistema de comunicaciones autogenerado, que no requiere de alimentación eléctrica para su operación.

El diseño ha hecho énfasis en la satisfacción de las necesidades básicas de los usuarios, en aspectos tales como habitabilidad, la psicología de crisis y el ciclo biológico maximizado la sensación de seguridad del personal.

Una doble pared refuerza la resistencia estructural del refugio, tolerando la penetración de elementos punzantes, agentes abrasivos, ácidos, solventes y la alta temperatura entre otros.

Su propuesta cromática ayuda a crear una atmósfera de calma, bajando los niveles de ansiedad de los ocupantes.



## **2.2.2 Características de los refugios**

### **a. Diseñadas para condiciones extremas en la minería subterránea**

Las cámaras han sido diseñadas para proporcionar un entorno seguro en las condiciones más difíciles de la minería subterránea metálica y no metálica. Las paredes de muro doble o muro simple fabricadas en acero son completamente soldadas para asegurar la integridad estructural del refugio.

La base tipo trineo, ranuras para grúa horquilla y argollas para izaje y arrastre permiten un transporte fácil y seguro de las cámaras dentro de la mina.

### **b. Suministro de aire respirable a prueba de fallos.**

La disponibilidad de aire respirable es crucial durante una emergencia subterránea. El suministro de aire de la mina pasa por una etapa de filtrado antes de ser entregado al refugio. El refugio incorpora sistemas de suministro de O<sub>2</sub> a fin de garantizar un continuo suministro de aire respirable seguro y limpio y en forma autónoma durante la emergencia en la cámara. En caso de que se interrumpa el suministro de aire de la mina y el personal deba permanecer dentro de la cámara por un periodo prolongado de tiempo, se regenerará el aire de la cámara. El sistema de oxígeno libera una cantidad controlada de oxígeno y el aire de la cámara recircula a través de un sistema de depuración de aire que elimina el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) usando cal sodada Drägersorb®. En caso de ausencia de aire mina un sistema automático suministra un mínimo de 100 Pa de presión positiva para evitar la entrada de agentes contaminantes a la cámara de refugio, manteniendo así una atmósfera segura.

### **c. Monitorización y control.**

Las concentraciones de gases CO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub> son permanentemente monitoreadas durante la emergencia.

Los gases son monitoreados usando equipos Dräger de detección de gases tipo portátil (Xam 5600, Xam 7000, PAC 3500) o equipos de detección fija Polytron 8000.

### **d. Sistema de regeneración de aire respirable y sistema de energía de reserva.**

En una situación de emergencia, el suministro externo de electricidad o aire puede que no esté disponible. El refugio es autónomo y no depende de suministros externos de aire o electricidad para mantener a salvo a los ocupantes. El aire en el interior de la cámara se regenera con la unidad de protección respiratoria mediante un proceso con químicos de depuración de CO<sub>2</sub>. La unidad de protección respiratoria incorpora un sistema de batería de reserva y cada ventilador funciona de forma independiente. Los cilindros de O<sub>2</sub> suministran oxígeno a la cámara en función de las necesidades de los ocupantes. El sistema de monitorización de gases controla la atmósfera de la cámara y avisa a los ocupantes cuando es necesario regular el suministro de oxígeno y/o las funciones de depuración. Además, la energía necesaria para el sistema de aire acondicionado, la instrumentación y la iluminación proviene de un sistema de baterías de reserva libre de mantenimiento que, junto con un sistema de inversión/carga, asegura el suministro constante de energía 100% autónomo para periodos de hasta 96 horas según se requiera. El sistema de aire acondicionado mantiene el refugio dentro de niveles aceptables de temperatura y humedad en su interior.

#### **e. Tecnología de detección de gases para la activación de alarmas y control.**

Los sensores de gas proporcionan una rápida capacidad de respuesta y han sido diseñados para una larga vida útil. En caso de excederse los umbrales de alerta predefinidos, los monitores de gases emitirán señales de advertencia visuales y acústicas para avisar rápidamente a los ocupantes de los peligros por variaciones de nivel en los gases. De este modo, pueden ajustarse rápidamente los sistemas de depuración de CO<sub>2</sub> y CO para mantener una atmósfera segura.

#### **f. Moviendo el refugio móvil**

El refugio minero puede acomodarse a las más diversas faenas mineras y están a su lado en cada uno de los frentes de trabajo gracias a su diseño robusto y transportable. Adicionalmente, todos los refugios pueden ser equipados con accesorios que faciliten el traslado dentro y fuera de la mina o faena.

#### **g. Asistencia sin compromiso**

Para asegurar el correcto funcionamiento del refugio, recomendamos los refugios sean inspeccionados periódicamente por el personal de servicio técnico autorizado. Asegurando el correcto funcionamiento de las cámaras de refugio mediante un servicio de asistencia técnica permanente con un stock de todos los consumibles requeridos, como la cal sodada, los filtros y los componentes de detección de gases de Dräger, incluidos los sensores.

### **2.2.3 Componentes del sistema estándar del refugio.**

#### **a. Número de ocupantes y tiempo de funcionamiento**

- Diseño de cámara estándar, que solo varía en longitud y peso permite alojar a un número diferente de ocupantes.
- Diseñada para 8, 10, 12, 16 o 20 ocupantes.
- Funcionamiento autónomo durante un periodo de 24/36/48/72 y 96 horas.



**b. Estructura de acero.**

- Pared exterior simple de 6 mm, estructura de acero, soldadura hermética.
- Patines de arrastre en la base y ranuras para grúa horquilla, para facilitar maniobras de traslado e izaje para transporte.
- Escotilla de escape con acceso desde el interior y el exterior.
- Soportes para los cilindros de aire y oxígeno.



### **c. Suministro de oxígeno.**

La unidad de protección respiratoria incorpora un absorbedor de CO<sub>2</sub>, para eliminarlo del aire. Un sistema automático de presión positiva proporciona 100 Pa, de presión como mínimo en la cámara para reducir la entrada de agentes contaminantes. El oxígeno suministrado por los cilindros puede controlarse a través de un flujómetro, para adecuar el suministro según el número de ocupantes del refugio.



### **d. Sistema de detección de gases.**

Las concentraciones de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CO dentro de la cámara están constantemente monitorizadas por el sistema de detección de gases. El manual de operaciones y las instrucciones de pared se encuentran en el interior de la cámara para guiar al usuario en caso de que se excedan los umbrales o no se alcancen los valores mínimos.

Control de gas interno con 3 unidades de Dräger Pac 7000 para CO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub>, equipos portátiles Xam 5600, Xam 7000.

Opcionalmente los refugios pueden ser equipados con sistemas de monitoreo fijo Polytron de Dräger.



## **2.2.4 Componentes del sistema estándar eléctrico.**

### **a. Sistema eléctrico**

- Baterías para todas las funciones eléctricas y unidad de aire acondicionado para el 100% de la duración de la emergencia
- Conexión de entrada: 230 V, 50/60 Hz
- Unidad de aire acondicionado
- Luces exteriores de estado (verde y roja)
- Cargador/Inversor de uso industrial
- Iluminarias LED

### **b. Comunicación**

El refugio minero puede ser equipado con conexiones para el sistema de comunicación adaptado a las necesidades del cliente. Es recomendable instalar estos componentes en planta Dräger para asegurar la hermeticidad del refugio con todas las conexiones terminadas.

### **c. Pintura.**

La pintura exterior e interior a base de material inorgánico de alto contenido en sólidos y bajo en solventes provee una superficie de terminación altamente resistente a la corrosión.

### **d. Etiquetado y documentación.**

En caso de que se produzca una situación de emergencia, la cámara se activa paso a paso siguiendo el plan de activación ilustrado en el interior de la precámara o cámara principal.

### **e. Instrucciones de uso.**

- Esquema eléctrico/Lista de comprobación para la resolución de averías

Instrucciones de activación.

- Procedimiento semanal y mensual de pruebas, inspección y lista de repuestos.

## **2.2.5 Componentes opcionales del sistema para monitoreo.**

### **a. Precámara.**

Con el paso de personas por la antecámara pueden infiltrarse sustancias peligrosas en la cámara principal del refugio. La antecámara puede ser equipada con un sistema de purga, como medida preventiva para renovar el aire al ingreso y reducir la infiltración de gases en la cámara principal.



### **b. Sistemas de monitorización de gases internos.**

El equipo de detección de gases X-am® 7000 de Dräger es una solución innovadora para la medición simultánea y continua de hasta cinco gases en el interior de la cámara. En caso de excederse los umbrales de concentración de gases o no alcanzar los valores mínimos de oxígeno, se activarán las alarmas acústicas y visuales dentro de la cámara.



### **c. Sistemas fijos de monitorización de gases internos y externos.**

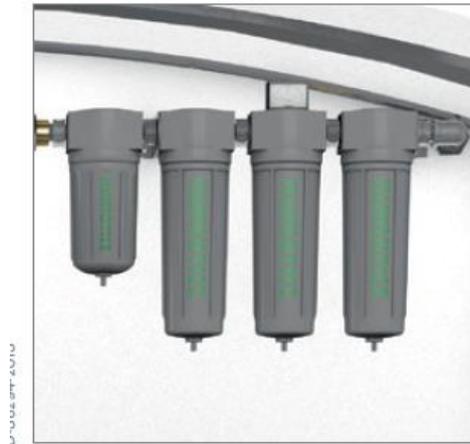
Los sistemas de monitorización de gases internos y externos miden la concentración de CO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub> fuera y dentro de la cámara.

El Dräger Polytron 8000 es un transmisor con microprocesador equipado con sensores electroquímicos Dräger, que permite detectar el CO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub> en el aire ambiente. Los resultados se muestran dentro de la cámara, para que puedan verlos sus ocupantes.



#### **d. Presión positiva con aire de la mina.**

La cámara puede conectarse a un suministro de aire externo. Se filtran el aceite, el agua y pequeñas partículas. Mientras está activado el suministro externo, la cámara funciona en modo externo.



### **2.2.6 Componentes opcionales del sistema de seguridad.**

#### **a. Aislamiento.**

El diseño especial de doble muro tiene una separación de 30 mm entre placas, rellenas de un aislamiento de lana mineral ignífuga. La pared interior de acero mide 3 mm y la exterior 5 mm.

#### **b. Sistema de Transporte.**

Las ruedas integradas facilitan el transporte de la cámara dentro de la mina.

#### **c. Sistema de control de la cámara de refugio.**

- Control de temperatura (interna/externa).
- Presostato diferencial.
- Nivel de tensión de la batería.

- Presostato del aire de la mina y monitorización de CO.
- Control de las luces de estado y sensor de movimiento.
- Interruptor para el compartimento de la batería y puerta principal.
- Panel con pantalla táctil interactiva.
- Transmisión de datos con Ethernet.

#### **d. Transformador reductor.**

Transformador para la conversión del voltaje trifásico de la mina a 230 volts monofásico CA, 50 – 60 Hz.

### **2.2.7 Accesorios.**

#### **a. Absorción de CO<sub>2</sub> con cal sodada.**

La Drägersorb® 400 S es una cal sodada para la absorción de CO<sub>2</sub> y otros gases ácidos en condiciones atmosféricas normales en salas o entornos (baja humedad, temperatura moderada), incluidas las cámaras y refugios. Los cartuchos CH 16720 de absorción de CO<sub>2</sub> de Dräger, también utilizados en submarinos de todo el mundo, proporcionan la capacidad necesaria de absorción.

#### **b. Filtro estándar Dräger para la reducción de CO.**

Utilizados en la industria química, automovilística, naval, metalúrgica o de servicios públicos, los filtros de protección respiratoria de Dräger son desde hace décadas sinónimo de experiencia y seguridad en todo el mundo. Limpian el aire respirable de agentes contaminantes con eficacia y bajo costo. Este filtro incorpora la rosca estándar Rd40.



## 2.2.8 Características técnicas.

Personas	Alto	Ancho	Largo	Peso (24 horas)	Peso (36 horas)
8	2.160 mm / 7 ft 1 in	2.070 mm / 6 ft 9 in	4.500 mm / 14 ft 9 in	5.400 kg / 11.900 lb	5.900 kg / 13.000 lb
10	2.160 mm / 7 ft 1 in	2.070 mm / 6 ft 9 in	5.000 mm / 16 ft 5 in	5.900 kg / 13.000 lb	6.400 kg / 14.100 lb
12	2.160 mm / 7 ft 1 in	2.070 mm / 6 ft 9 in	5.500 mm / 18 ft 0,5 in	6.200 kg / 13.700 lb	6.700 kg / 14.800 lb
16	2.160 mm / 7 ft 1 in	2.070 mm / 6 ft 9 in	6.500 mm / 21 ft 4 in	7.000 kg / 15.500 lb	7.500 kg / 16.500 lb
20	2.160 mm / 7 ft 1 in	2.070 mm / 6 ft 9 in	7.500 mm / 24 ft 7 in	8.200 kg / 18.100 lb	8.700 kg / 19.200 lb

Rango de temperatura ambiente 0 °C hasta 45 °C/32 °F hasta 113 °F

Tensión de alimentación eléctrica 220 – 240 V, 50/60 Hz

Presión positiva (opción) mín. 100 Pa

### Normas y estándares aplicables\*

EN 12021	Aire comprimido para equipos de protección respiratoria
97/23/CE	Directiva para los equipos a presión
IEC 60364	Instalaciones eléctricas de baja tensión

\* Otras normas, estándares y configuradores disponibles según la región

## 2.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

### 2.3.1 Hipótesis General.

Si la evaluación de los riesgos asegura la viabilidad de instalación del refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno y en situaciones extremas, entonces garantizara su operatividad

ante una emergencia en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu.

### **2.3.2 Hipótesis específicas.**

a. Conociendo el procedimiento operativo de permanencia que debe realizarse en el refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno entonces nos garantizara su operatividad ante una emergencia en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu.

b. Conociendo el procedimiento operativo en situaciones extremas que debe realizarse en el refugio minero en el Nivel 4100, en condiciones controlables de su entorno entonces nos garantiza su operatividad ante una emergencia, en la Empresa Minera los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu.

## **2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.**

### **2.4.1 Variables para la hipótesis general.**

- **Variable Independiente:**

La evaluación de los riesgos asegura la viabilidad de instalación del refugio minero.

- **Variable Dependiente:**

Operatividad ante una emergencia normal

### **2.4.2 Variables para las hipótesis específicas.**

- **Para la hipótesis a.**

**Variable independiente.**

Procedimiento operativo de permanencia adecuada.

**Variable dependiente.**

Garantizara su operatividad ante una emergencia.

- **Para la hipótesis b.**

**Variable independiente.**

Procedimiento operativo en situaciones extremas.

**Variable dependiente.**

Garantizara su operatividad ante una emergencia.

## **2.5 DEFINICIÓN DE TERMINOS.**

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

**. Sistema de apoyo interactivo.**

Considera desde las instrucciones de manejo y uso de los equipos hasta guías de racionamiento, ejercicios de relajación.

Manejo de crisis, Primeros Auxilios y entretenimiento entre otros.

**. Gráca exterior.**

Diseñada de acuerdo a los requerimientos de seguridad y emergencia al interior de la mina. Los diversos elementos gráficos (color, reflectantes, disposición, tipografías, etc.) han sido definidos para facilitar el uso y visibilidad del refugio al tiempo que le imprimen un carácter que visualmente se asocia a seguridad.

**. Piso antiadherente de doble fondo.**

Que además de evitar cúmulo de elementos como tierra, barro y piedras, actúa como contenedor de elementos de depuración de CO<sub>2</sub> y Cal sodada.

**. Iluminación día/noche.**

Responde a la reproducción las condiciones propias del ciclo biológico de vigilia y sueño. Se logra a partir de la diferenciación de la luz interior en función de la hora: de día, luz blanca para desarrollar las actividades diurnas normalmente y de noche, luz roja tenue, que propician el sueño y la necesidad de descanso.

**. Sistema de comunicación Telepound.**

Sistema que no requiere energía eléctrica ni sistema adicional para su funcionamiento.

**. Sistema de control de olores.**

Compuesto de carbón activado ubicado al interior del refugio.

**. Patines**

Sistema de seguridad para transporte.

**. Orejas de izaje.**

Para carga y descarga de forma segura y expedita

**. Vigas y estructura.**

Estructura reforzada para soportar caídas de roca de 750 kg a 3 metros. Además, que las vigas estén a la vista, teniendo una sensación de mayor robustez.

**. Sistema de monitoreo y depuración de la atmosfera.**

Permite mantener las condiciones al interior dentro de los márgenes fisiológicos aceptables por el cuerpo humano, eliminando el CO, controlando el porcentaje de CO<sub>2</sub> e inyectando O<sub>2</sub> en una dosis coherente a la cantidad de personas al interior del refugio.

Para esto se cuenta con un depurador que puede trabajar con energía de 24 volts, generado por el banco de baterías y de manera opcional con aire comprimido proveniente de la mina.

Para controlar los niveles de O<sub>2</sub>, CO y CO<sub>2</sub>, contamos con un detector fijo que monitorea durante las 48 horas variables.

También controlamos en forma remota las concentraciones de CO y O<sub>2</sub> en el exterior del refugio.

#### **. Revestimiento ignifugo.**

Revestimiento interior de fibra cerámica de 25 mm de espesor, ignifugo y aislante térmico.

#### **DEFINICION Y TERMINOS DE SEGURIDAD.**

**Accidente de Trabajo (AT).** Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquél que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, como fuera del lugar y horas de trabajo.

**Brigada de Emergencia.** Conjunto de trabajadores organizados, capacitados y autorizados por el titular de actividad minera para dar respuesta a

emergencias, tales como incendios, hundimientos de minas, inundaciones, grandes derrumbes o deslizamientos, entre otros.

**Análisis de Trabajo Seguro (ATS).** Es una herramienta de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que permite determinar el procedimiento de trabajo seguro, mediante la determinación de los riesgos potenciales y definición de sus controles para la realización de las tareas.

**Comité de Seguridad y Salud Ocupacional.** Órgano bipartito y paritario constituido por representantes del empleador y de los trabajadores, con las facultades y obligaciones previstas por la legislación y la práctica nacional, destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones del empleador en materia de prevención de riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional.

**Emergencia Minera.** Es un evento no deseado que se presenta como consecuencia de un fenómeno natural o por el desarrollo de la propia actividad minera como: incendio, explosión, gases explosivos, inundación, deshielo, deslizamiento, golpe de agua u otro tipo de catástrofes. Entiéndase como golpe de agua a la explosión súbita de agua como consecuencia de la presencia de agua subterránea en una labor minera.

**Control de riesgos.** Es el proceso de toma de decisión, basado en la información obtenida de la evaluación de riesgos. Se orienta a reducir los peligros a través de propuestas de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia.

**Evaluación de riesgos.** Es un proceso posterior a la identificación de los peligros, que permite valorar el nivel, grado y gravedad de aquéllos, proporcionando la información necesaria para que el titular de actividad minera, empresas contratistas, trabajadores y visitantes estén en condiciones

de tomar una decisión apropiada sobre la oportunidad, prioridad y tipo de acciones preventivas que deben adoptar, con la finalidad de eliminar la contingencia o la proximidad de un daño.

**Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Control (IPERC).**

Proceso sistemático utilizado para identificar los peligros, evaluar los riesgos y

sus impactos y para implementar los controles adecuados, con el propósito de reducir los riesgos a niveles establecidos según las normas legales vigentes.

**Plan de Preparación y Respuesta para Emergencias.** Documento guía detallado sobre las medidas que se debe tomar bajo varias condiciones de emergencia posibles. Incluye responsabilidades de individuos y departamentos, recursos del titular de actividad minera disponibles para su uso, fuentes de ayuda fuera de la empresa, métodos o procedimientos generales que se debe seguir, autoridad para tomar decisiones, requisitos para implementar procedimientos dentro del departamento, capacitación y práctica de procedimientos de emergencia, las comunicaciones y los informes exigidos.

**Prevención de Accidentes.** Combinación de políticas, estándares, procedimientos, actividades y prácticas en el proceso, organización del trabajo, que establece el empleador con el fin de prevenir los riesgos en el trabajo y alcanzar los objetivos de Seguridad y Salud Ocupacional.

**Riesgo.** Probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y ambiente.

**Trabajo de Alto Riesgo.** Aquella tarea cuya realización implica un alto potencial de daño grave a la salud o muerte del trabajador. La relación de

actividades calificadas como de alto riesgo será establecida por el titular de actividad minera y por la autoridad minera.

**Zonas de Alto Riesgo.** Son áreas o ambientes de trabajo cuyas condiciones implican un alto potencial de daño grave a la salud o muerte del trabajador.



## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.**

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO, conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación.

#### **3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.**

A efectos de abordar todos los factores que intervienen en el problema planteado, se empleó métodos: inductivo, deductivo, análisis, síntesis.

#### **3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

El diseño que se utiliza en la investigación será por objetivos conforme al esquema siguiente:

OG = OBJETIVO GENERAL  
HG = HIPÓTESIS GENERAL  
CG = CONCLUSIÓN GENERAL

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **3.4.1 Población.**

La población está compuesta por todas las labores del interior de la mina en la Compañía Minera Los Quenuales – Unidad Minera Yauliyacu.

#### **3.4.2 Muestra.**

Se determino tomar como muestras específicamente el refugio ubicado en el Nivel 4100 y Nivel 4102.

### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.5.1 Técnicas.**

Las principales técnicas que se utiliza en la investigación son:

- Entrevistas y Encuestas.
- Análisis Documental.
- Observación.

#### **3.5.2 Instrumentos.**

Los principales instrumentos que se utiliza en la investigación son:

- Guía de entrevista.
- Cuestionario.
- Guía de Análisis Documental.
- Guía de Observación.
- Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 GENERALIDADES DE LA MINA.**

##### **4.1.1 Ubicación y accesibilidad.**

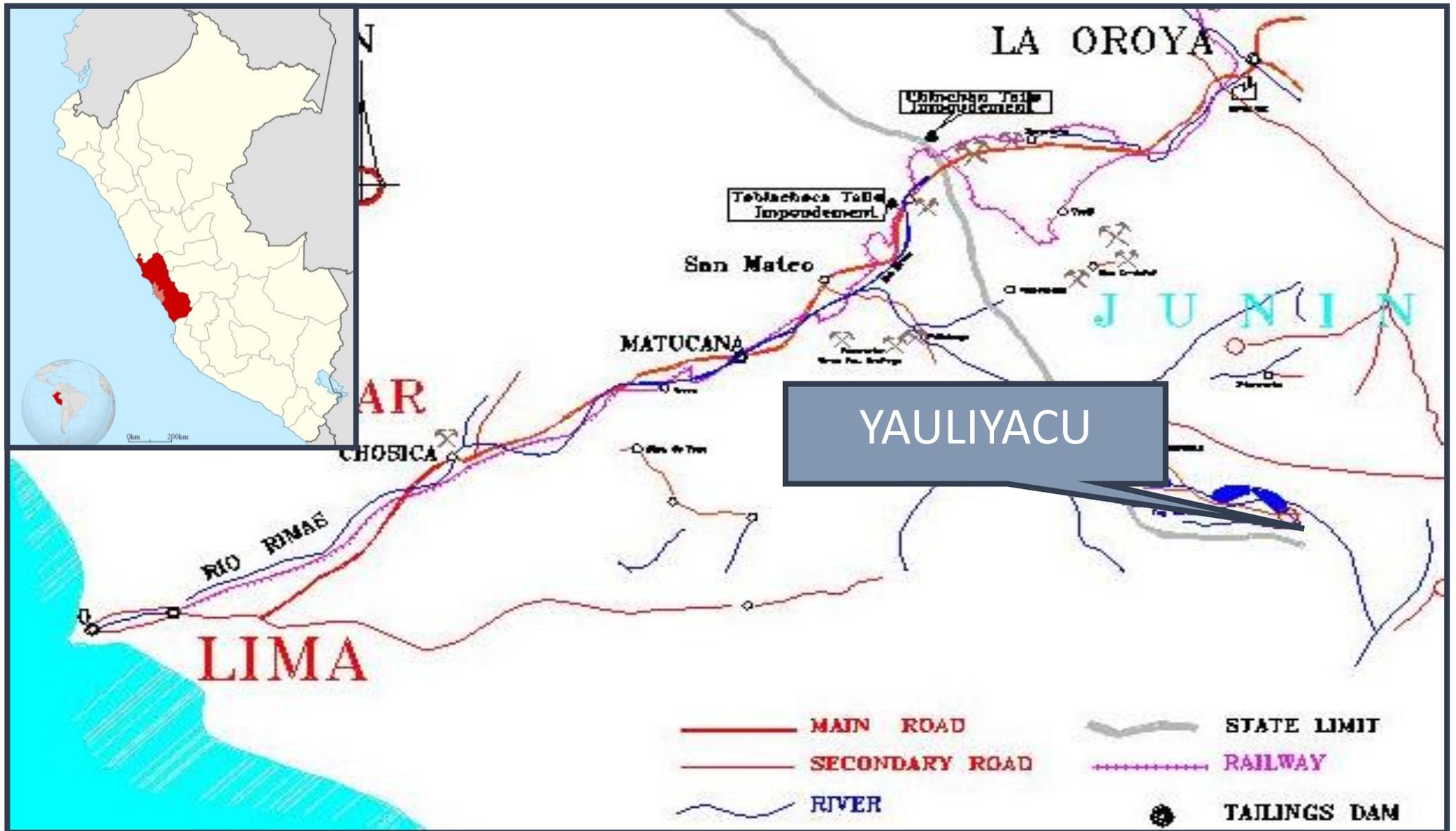
El yacimiento de Yauliyacu se encuentra ubicado al Este de la ciudad de Lima, políticamente pertenece al distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Geográficamente se localiza en la zona central, flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, entre las coordenadas:

76°10'00" W

11°30'00" S

Con una elevación promedio de 4200 m.s.n.m.

La mina Yauliyacu es accesible mediante la carretera central, ubicada al este de la ciudad de Lima a 120 Km., también es accesible mediante la vía ferroviaria Central Andina.



#### **4.1.2 Geología General.**

La secuencia estratigráfica del distrito está constituida por rocas sedimentarias y volcánicas, cuyas edades fluctúan desde el Cretáceo hasta el Cuaternario. El distrito muestra plegamientos, desarrollándose pliegues invertidos cuyos ejes se orientan paralelamente a la dirección general de los Andes. La estructura principal, es el anticlinórium Casapalca, que constituye un pliegue moderadamente abierto en la parte central del distrito, el cual se cierra hacia el norte hasta constituir una falla inversa de empuje con buzamiento al este. Cuerpos intrusivos de composición intermedia se encuentran obstruyendo la secuencia sedimentaria y volcánica.

#### **4.1.3 Fisiografía.**

El área de Yauliyacu, presenta un relieve topográfico moderadamente accidentado, con geoformas que denotan un estado avanzado de madurez, donde existen quebradas amplias.

#### **4.1.4 Drenaje.**

Las formas que adoptan los cursos de agua hacen que la zona se encuentre cortada por dos sistemas direccionales de quebradas, NE-SW a la cual convergen las otras más pequeñas.

El diseño de drenaje es el detrítico sub paralelo, por donde discurren los cursos temporales de agua, estando este controlado por las estructuras, siendo la trayectoria de las quebradas generalmente rectilíneas.

#### **4.1.5 Clima y Vegetación.**

El clima es seco y frígido con cambios de temperatura bastante marcados durante el día y la noche.

Las precipitaciones se producen principalmente durante los meses de enero a marzo con un promedio de 128 mm.

La vegetación se hace más abundante en los meses de lluvias, se encuentran principalmente el hichu, huamanpinta y pastos naturales.

#### **4.1.6 Estratigrafía.**

La columna unidades estratigráfica que afloran al rededor del yacimiento de Yauliyacu esta principalmente conformada de calizas, capas rojas, brechas y flujos volcánicos.

### **CRETACEO SUPERIOR**

#### **Grupo Machay.**

En el área de Casapalca, este grupo no ha sido estudiado en detalle, constituido principalmente por calizas con intercalaciones de lutitas arenosas, se ubica en la parte suroeste del distrito.

#### **Formación Jumasha.**

Las rocas de ésta formación no afloran en superficie dentro del área de Casapalca; sin embargo, una secuencia correlacionable con esta formación constituida por calizas de color gris con algunas intercalaciones de lutitas, fue interceptada en el nivel 5200 por los túneles Graton. Secuencias representativas de calizas Jumasha afloran prominentemente a lo largo de las montañas que conforman la Divisoria Continental, presentando un característico color gris claro en contraste con los colores oscuros que presentan las calizas de la formación Pariatambo, pertenecientes al grupo Machay, (J.J. Wilson, enero de 1963). Microscópicamente, las rocas presentan venillas y puntos de epidota, clorita y granates, configurando esto una alteración tipo skarn. En ésta

zona, también se observan vetillas y disseminaciones de pirita, esfalerita, calcita, calcopirita y tetraedrita.

Estudios microscópicos de estas rocas (Rye y Sawkins), han detectado la formación de tremolita y finos granos de cuarzo a partir de la calcita. El skarn se halla atravesado por finas vetillas de grosularia, epidota, tremolita, calcita, cuarzo y sulfuros disseminados. Los sulfuros que están en la matriz de cuarzo y calcita son: pirita, esfalerita con inclusiones de calcopirita de una primera etapa, tetraedrita y calcopirita de etapa posterior.

En base a estudios de secciones delgadas de muestras tomadas en la chimenea RB que une el nivel 3900 con el túnel Graton, se ha determinado:

-Muestra A (altura del nivel 3900, Graton Túnel) arenisca cuarzosa con matriz calcosilicatada, piritizada, epidotizada y calcitizada (G. Alric).

-Muestra B-C-D-E (altura del nivel 3900, intermedias entre éste nivel y el Túnel Graton) arenisca calcárea; cloritizada, piritizada, silicificada (M. Dalheimer).

## **TERCIARIO.**

### **Formación Casapalca.**

Constituye la formación más antigua que aflora en el área. Forma el amplio anticlinal Casapalca, que es cortado por el río Rímac y comprende una serie de rocas sedimentarias de ambiente continental. Esta formación ha sido dividida en tres miembros (ver columna estratigráfica). La descripción de los dos principales miembros es la siguiente:

### **CAPAS ROJAS.**

Este miembro se caracteriza por presentar intercalaciones de lutitas y areniscas calcáreas, presentando el conjunto coloraciones rojizas debido a finas diseminaciones de hematita. Las areniscas son de grano fino a grueso y comúnmente se observa una débil estratificación.

No han sido identificados estratos de la formación Celendín, ni fósiles dentro de las capas rojas que hagan posible la asignación de una edad precisa; sin embargo, por su relación estratigráfica se les ha asignado una edad que puede estar entre fines del Cretáceo y comienzos del Terciario (T.S. Szekely 1967).

### **CONGLOMERADO CARMEN.**

Sobre yaciendo a las capas rojas se encuentra una serie de paquetes de conglomerado y calizas intercaladas con capas de areniscas y lutitas de una potencia que varía de 80 a 200 m denominado miembro Carmen. Los conglomerados, que también se presentan en lentes, están compuestos de guijarros y cantos rodados de cuarcitas y calizas en una matriz arenarcillosa y cemento calcáreo.

### **Formación Carlos Francisco.**

Sobre las rocas sedimentarias se encuentra una potente serie de rocas volcánicas a las que se ha denominado formación Carlos Francisco. Esta ha sido dividida en tres miembros:

#### **VOLCANICOS TABLACHACA.**

Sobre yaciendo al miembro Carmen y separado de éste por lutitas de potencia variable, se encuentra una sucesión de rocas volcánicas

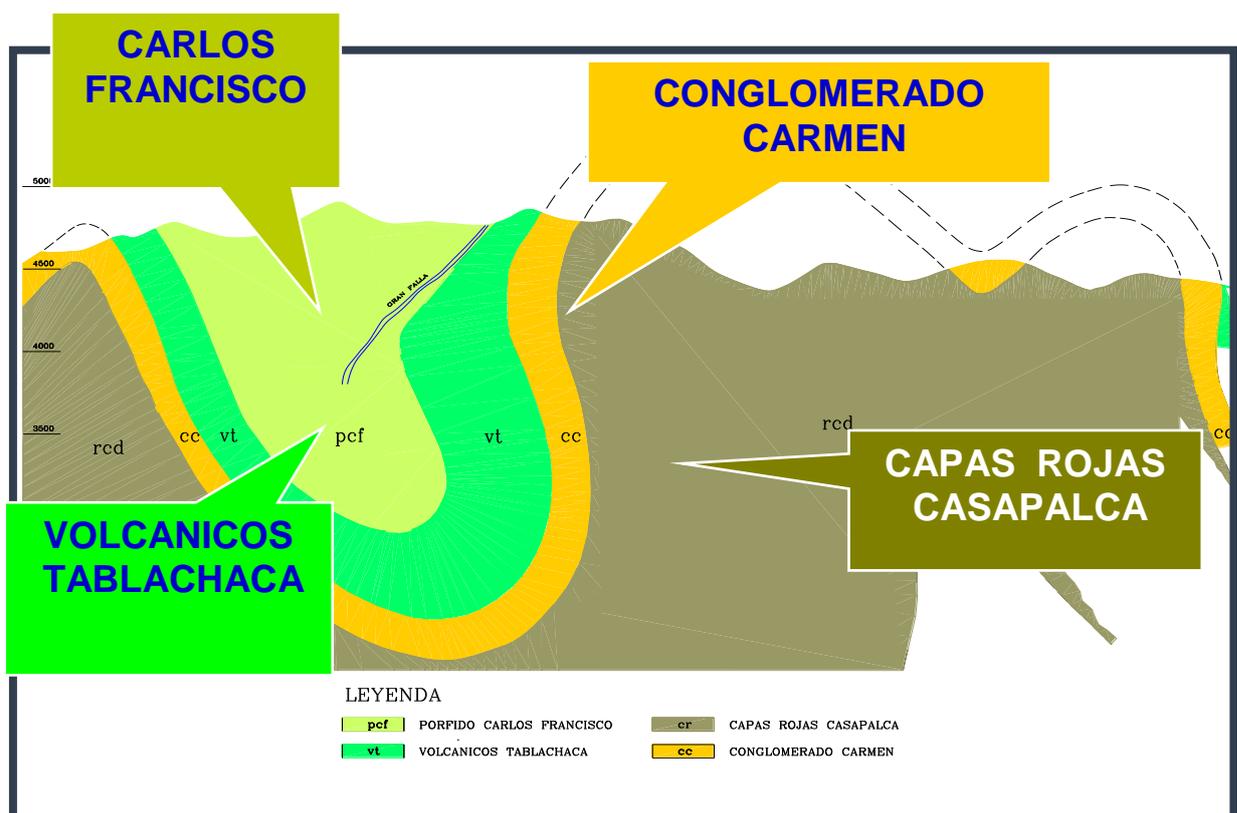
constituidas por tufos, brechas, conglomerados, aglomerados y rocas porfíricas efusivas que forman el miembro Tablachaca.

### **VOLCANICOS CARLOS FRANCISCO.**

Sobre el miembro Tablachaca se encuentran el volcánico Carlos Francisco que consisten de flujos andesíticos masivos y fragmentados (brecha). Las capas de brecha consisten de fragmentos porfíricos angulares, generalmente verdosos, incluidos en una matriz de roca porfírica rojiza. Intercaladas con las brechas están las andesitas porfíricas que varían de gris oscuro a verde. Los fenocristales de feldespatos son conspicuos y alterados a clorita y calcita.

### **TUFOS YAULIYACU.**

Los tufos Yauliyacu sobreyacen a los volcánicos Carlos Francisco concordantemente. Este miembro consiste de tufos rojizos de grano fino.



### **Formación Bellavista.**

Está formación consiste de capas delgadas de calizas de color gris con algunas intercalaciones de calizas gris oscura con nódulos de sílice, tufos de grano fino y lutitas rojizas.

### **Formación Río Blanco.**

Sobre la formación Bellavista descansa una potente serie de volcánicos bien estratificados que consisten en tufos de lapilli de color rojizo con intercalaciones de brecha y riolitas. Algunas capas de calizas ocurren en la parte inferior de la formación. En el área afloran hacia al sureste, pero su mayor exposición se encuentra entre Chicla y Río Blanco a 12 Km. al suroeste de Casapalca.

### **CUATERNARIO.**

El Cuaternario está representado en la región de Casapalca por una serie de depósitos glaciares y conos de escombros de formación reciente.

### **PLEISTOCENICO.**

Debajo de los depósitos glaciares recientes existen potentes series de morrenas terminales a elevaciones aproximadas de 4,300 a 4,500 m sobre el nivel del mar, no han sido encontrados signos de glaciación debajo de estas elevaciones en el valle del Rímac; sin embargo, en otros valles, depósitos glaciares fueron encontrados en elevaciones de 3,900 m (H.E.Mckinstry y J.A. Noble, 1932).

### **RECIENTE.**

Consiste de materiales consolidados compuestos por clastos angulosos de diversos tamaños, que forman conos y taludes.

#### **4.1.7 Método de Minado.**

##### **4.1.7.1 Descripción de la mina.**

Actualmente la Empresa Minera Los Quenuales, Unidad de Producción Yauliyacu es una Minería Poli metálica. Está conformada por seis operaciones Mineras: Sección I, Sección II, Sección III, Sección IV, Sección V, Sección VI. Donde se explota los minerales de Zinc, Plomo, Plata y Cobre.

Se ha demostrado que continuamente la minería va evolucionando debido a los avances de la ciencia y tecnología, es por ello que todas las empresas mineras tienen la imperiosa necesidad de incrementar su eficiencia expresado en mayor producción y minimizar sus costos de operación.

Este concepto se debe incluir como una gestión realizada a todo nivel mejorando un método o buscando un nuevo método de explotación.

Bajo este contexto en la Unidad Minera Yauliyacu se está Evaluando la Factibilidad de Explotación de las Vetas Angostas bajo el método de Taladros Largos por sub. Niveles; la cual se encuentra en la fase de Implementación, ya que para poder definir este método se ha comparado con otras alternativas de Explotación que se venía trabajando (Corte y Relleno Ascendente).

La aplicación de Taladros Largos significara un incremento considerable de la productividad en cada una de las operaciones de explotación. Básicamente este método se está implementando en Vetas Angostas en la Unidad Minera Yauliyacu, porque el 65% de producción son de Vetas Angostas y el 35% son de cuerpos.

#### 4.1.7.2 Reservas geológicas.

Se tiene cuantificado los Recursos minerales Insitu, clasificados en las categorías de Medido, Indicado e Inferido. Los recursos minerales por categorías son:

#### RECURSOS MINERALES

CATEGORIA	TMS	% Zn.	%Pb.	%Cu.	Oz. Ag.
Medido	2'106,910	4.45	2.28	0.47	8.53
Indicado	3'011,770	4.46	2.47	0.54	11.36
Inferido	6'866,320	3.83	2.07	0.47	9.43
<b>TOTAL</b>	<b>11'985,000</b>	<b>4.10</b>	<b>2.21</b>	<b>0.49</b>	<b>9.76</b>

Adicional se ha subclasificado los Recursos Minerales en Accesibles e Inaccesibles con objetivos estratégicos operativos.

RECURSOS ACCESIBLES	TMS	% Zn.	%Pb.	%Cu.	Oz. Ag.
Medido	1'345,770	4.04	1.9	0.39	6.46
Indicado	1'444,620	3.96	2.11	0.43	10.33
Inferido	4'863,300	3.72	1.88	0.42	7.52
<b>TOTAL</b>	<b>7'653,690</b>	<b>3.82</b>	<b>1.93</b>	<b>0.42</b>	<b>7.86</b>
RECURSOS INACCESIBLES	TMS	% Zn.	%Pb.	%Cu.	Oz. Ag.
Medido	761,140	5.18	2.96	0.6	12.18
Indicado	1'567,150	4.92	2.8	0.65	12.31
Inferido	2'003,020	4.11	2.53	0.58	14.07
<b>TOTAL</b>	<b>4'331,310</b>	<b>4.59</b>	<b>2.70</b>	<b>0.61</b>	<b>13.10</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>11'985,000</b>	<b>4.10</b>	<b>2.21</b>	<b>0.49</b>	<b>9.76</b>

Los Recursos Minerales por tipo de mineralización se tienen:

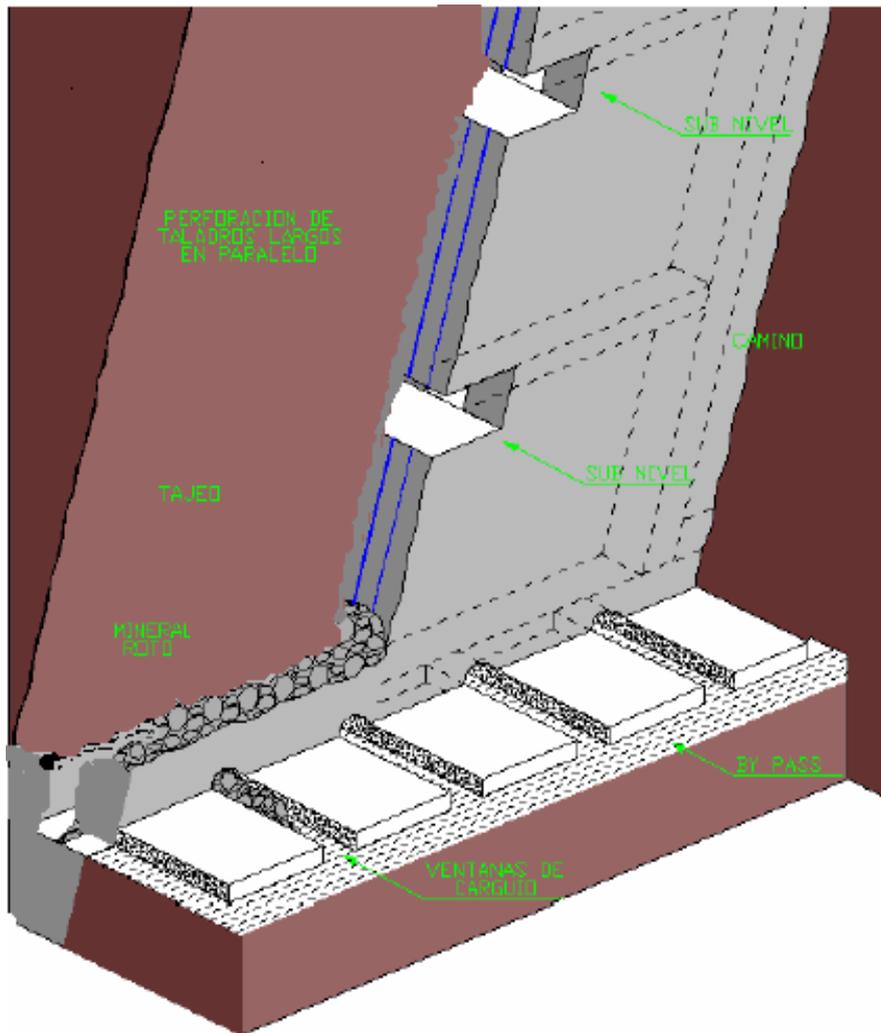
<b>VETAS</b>	<b>RESERVAS</b>	<b>TMS</b>	<b>% Zn.</b>	<b>%Pb.</b>	<b>%Cu.</b>	<b>Oz. Ag.</b>	<b>\$/TMS</b>
	Probado	656,020	2.93	1.54	0.29	4.47	50.81
	Probable	862,740	2.72	1.60	0.32	7.41	64.36
	<b>TOTAL</b>	<b>1'518,760</b>	<b>2.81</b>	<b>1.57</b>	<b>0.31</b>	<b>6.14</b>	<b>58.51</b>
<b>CUERPOS</b>	<b>RESERVAS</b>	<b>TMS</b>	<b>% Zn.</b>	<b>%Pb.</b>	<b>%Cu.</b>	<b>Oz. Ag.</b>	<b>\$/TMS</b>
	Probado	552,060	2.52	1.04	0.23	3.39	40.46
	Probable	405,300	2.78	1.24	0.23	4.12	46.47
	<b>TOTAL</b>	<b>957,360</b>	<b>2.63</b>	<b>1.12</b>	<b>0.23</b>	<b>3.70</b>	<b>43.00</b>
<b>VETAS + CUERPOS</b>	<b>RESERVAS</b>	<b>TMS</b>	<b>% Zn.</b>	<b>%Pb.</b>	<b>%Cu.</b>	<b>Oz. Ag.</b>	<b>\$/TMS</b>
	Probado	1'208,080	2.74	1.31	0.26	3.98	46.08
	Probable	1'268,040	2.74	1.48	0.29	6.36	58.65
	<b>TOTAL</b>	<b>2'476,120</b>	<b>2.74</b>	<b>1.40</b>	<b>0.28</b>	<b>5.20</b>	<b>52.55</b>

En el año 2005 la producción de rotura fue 1'137,644 TMS de mineral y la Planta Concentradora trato 1'239,743 TMS, se tuvo un avance de 11466.12 metros en Exploración y Desarrollo de los cuales 8277.10 corresponden a labores netas de Exploración y Desarrollo y la diferencia 3189.02 a labores de Preparación.

#### **4.1.7.3 Método de explotación por subniveles con SLS.**

El método de minado de Taladros Largos (SLS), por subniveles, se caracteriza por las cámaras vacías o tajos vacíos que quedan después de extraer el mineral. Estas Vetas generalmente son de baja potencia de 1.2 – 1.6 metros, lo cual justificará un alto radio de extracción a un bajo costo unitario y la perforación será con una serie de taladros largos paralelos a la veta, desde un Nivel Principal posteriormente a los subniveles así sucesivamente. La altura del block del nivel principal al subnivel es de 10 – 14 metros.

La perforación y voladura son independientes.



### **Características del Yacimiento para la Aplicabilidad del Método.**

Para la aplicación de taladros largos en vetas angostas las características del yacimiento son las siguientes:

#### **a. Forma del Yacimiento**

El yacimiento es Hidrotermal Filoniano en vetas irregulares.

#### **b. Potencia de la Veta.**

La potencia de la veta varia de 1.20 – 1.60 metros, teniendo el mineral un peso específico de 2.84 TM/m<sup>3</sup>.

#### **c. Buzamiento de la Veta.**

El buzamiento de la veta es de 65° - 70°

#### **d. Leyes del Mineral.**

Las leyes de mineral del Tj – 612, Sección VI, están distribuido en los cuatro pisos diseñados del block.

<b>TJ. 612</b>	<b>ANCHO</b>	<b>%Zn.</b>	<b>%Pb.</b>	<b>%Cu.</b>	<b>Oz Ag.</b>	<b>US\$/TMS</b>
<b>1° PISO</b>	2.50	4.47	0.81	0.54	4.29	46.21
<b>2° PISO</b>	2.37	4.82	1.08	0.39	3.46	43.90
<b>3° PISO</b>	2.42	5.70	2.91	0.41	3.85	54.70
<b>4° PISO</b>	2.60	4.80	1.00	0.52	3.90	50.00

#### **e. Condiciones de las Cajas Encajonantes.**

Las cajas encajonantes techo y piso son areniscas silicificadas con moderado fracturamiento.

#### **f. Condiciones Geomecánicas**

El mineral tiene un RMR de 54%, que permite conservar el taladro y las rocas encajonantes tienen un RMR de 52%. Se tiene la presencia de fallas y geodas que dificulta la eficiencia de la perforación.

#### **g. Labores de Desarrollo.**

Mediante un crucero (2.5 x 2.5 metros) desde el nivel 2700 (galería principal) se corto a la Veta C. Y posteriormente sobre veta se corrió una galería (2.5 x 2.5 metros).

#### **h. Labores de Preparación.**

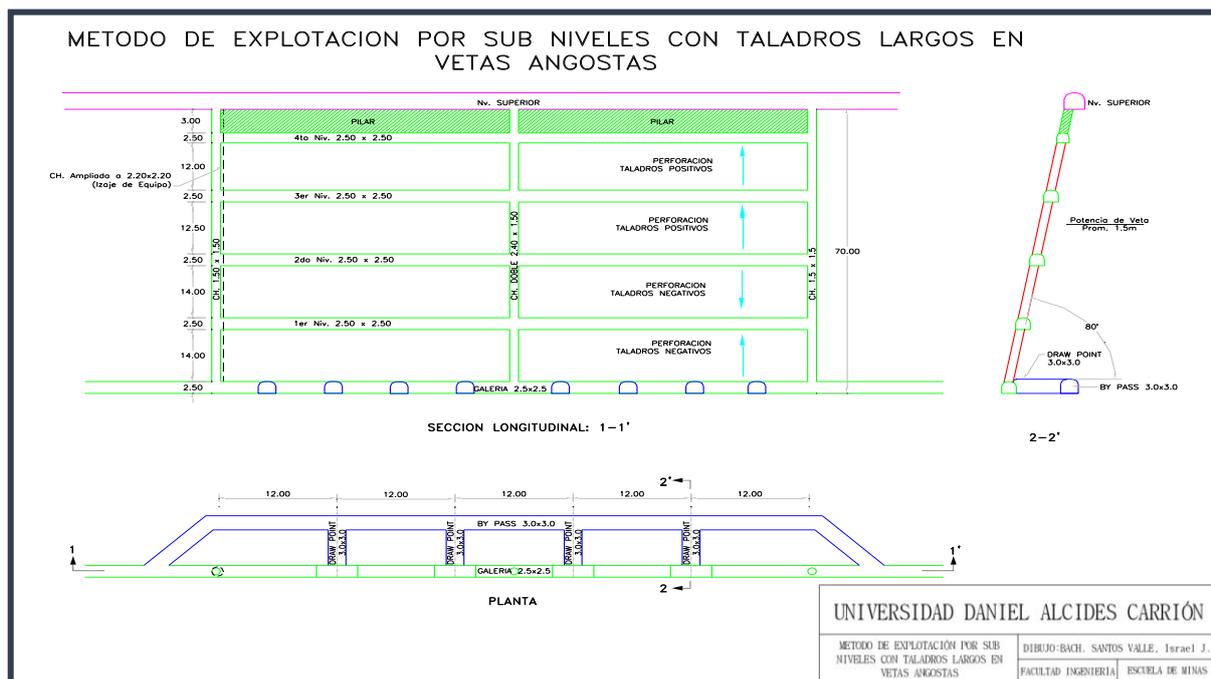
Para poder definir la secuencia de la preparación de la Veta C, se tomo como base la información geológica y topográfica. De esta manera continuando la ejecución de la galería principal sobre veta (2.5 x 2.5 metros) donde se acumulará el mineral roto de todos los subniveles.

Se diseñó un By Pass (3.0 x 3.0 metros) paralelo a veta o galería principal que previa definición con el nivel base con ventanas (Draw. Points 3.0x3.0 metros) perpendicular al mismo, distanciados cada 12 metros, para la ejecución de la limpieza del mineral por dichas ventanas.

Paralelamente se realizó las chimeneas centrales 2.40 x 1.50 metros (doble compartimiento) que sirven como servicios de instalación de agua, aire, acceso a los siguientes subniveles y reconocimiento de veta. Las chimeneas laterales 1.50 x 1.50 metros (Simple) con la finalidad de reconocimiento de la veta hacia el nivel superior (Nv - 2500), que sirven a su vez como el slot (cara libre).

Posteriormente con los subniveles (2.5 x 2.5 metros) cada 10-14 metros de altura (4 pisos), que sirve para la comunicación de los taladros positivos o negativos.

El mineral disparado se acumula de todos los subniveles en la galería principal o receptora de minerales que se encuentra paralela al By Pass.



### i. Ventajas.

- Con la implementación de taladros largos se logrará reducir el costo de Minado.
- El sistema de minado permite una alta mecanización.
- Nos permite tener una buena ventilación.
- Es un método flexible y versátil.
- Se emplea un equipo de perforación liviano, sencillo y no costoso.
- La perforación, voladura y el carguío son independientes.
- Este método nos ofrece una alta productividad.
- Ofrece gran seguridad durante el trabajo.

### j. Desventajas.

- Mucha preparación (inversión de capital relativamente alto)
- Desviación de taladros en la perforación; a causa del defectuoso alineamiento del equipo, diámetro del taladro y presencia de fracturas y geodas en la roca.

- Necesita un planeamiento detallado.
- Baja selectividad.
- Requiere de mucho cuidado en la técnica de perforación.
- Tiene una recuperación moderada.
- Dilución moderada.

## **4.2 IMPLEMENTACION DE REFUGIOS MINEROS EN EL NIVEL 4100.**

La implementación de refugios mineros tiene como propósito contar con instalaciones adecuadas, ubicadas estratégicamente en la zona baja de las operaciones mineras de acuerdo a la evaluación de riesgos generados básicamente por atmósferas irrespirables y nocivas, las cuales podrían resultar de incendios subterráneos (en centros de acopio de hidrocarburos, bodegas y depósitos de materiales, equipos diésel, equipos e instalaciones eléctricas) o uso de explosivos (para voladura de labores y tajeos) que pueden generar acumulación de gases; es por ello que este refugio debe ser hermético y seguro, y está contemplado como parte del plan de respuesta a emergencias. La implementación de los refugios mineros es de vital importancia en las operaciones subterráneas para asegurar la gestión de las emergencias, a fin de garantizar el cumplimiento de nuestra política de prevención. La información que se presenta en este documento es, principalmente, una evaluación de riesgos, realizada en las instalaciones subterráneas de Empresa Minera Los Quenuales S.A. – UM Yauliyacu.

### **4.2.1 Evaluación de riesgos del refugio del Nivel 4100**

En lo que respecta a la Zona Baja: IV, V-VII, se tiene 13 niveles (1400, 1500, 1700, 1900, 2100, 2300, 2500, 2700, 3000, 3300, 3600, 3900,

4100), con 04 bocaminas (Carlos Francisco Nv-1700, AFE Nv-1700, Ricardito Nv-1900, Túnel Yauliyacu Nv-2700), habilitados para el acceso y evacuación de los trabajadores, todos estos niveles están interconectados por rampas principales y auxiliares.

Adicionalmente a lo mencionado en el párrafo anterior, se puede mencionar la interconexión con acceso libre desde el Nv-1700 hasta el Nv-3900 hacia dos piques verticales (Pique Central y Pique Aguas Calientes), que cuentan con compartimientos de escaleras para la movilización de personas en caso de evacuación por emergencias. El Pique Central ubicado en el lado norte de las operaciones y el Pique aguas calientes hacia el sur garantizan la accesibilidad y facilidad de tránsito vertical desde cualquier punto de operación minera en la zona baja.

La evaluación de riesgos contempla criterios geológicos, geomecánicos, sostenimiento, ventilación, instalaciones, servicios auxiliares y sistema de drenaje de interior mina; a fin de asegurar la viabilidad de instalación del refugio minero en condiciones controladas de su entorno, para garantizar su operatividad ante una emergencia. También se detalla la siguiente información:

- Balance general de ventilación: circuitos de ventilación en condiciones operacionales normales y atípicas (falla de ventiladores principales o corte de energía eléctrica), cálculo de requerimiento de aire fresco.
- Monitoreo de troncales principales.
- Servicios subterráneos (aire comprimido, agua industrial, energía eléctrica).

- El mapa de riesgos de las labores en interior mina: áreas críticas y con riesgo de incendio (subestaciones eléctricas, ventiladores primarios y secundarios, puntos de acopio de madera, cajas y empaques de materiales, trapos contaminados con hidrocarburos, equipos diésel, talleres, bodegas, depósitos de hidrocarburos, polvorines, estacionamientos), principales vías de evacuación.
- Evaluación de las condiciones físicas del terreno: formaciones rocosas y caracterización Geomecánica.
- Ubicación de labores mineras subterráneas: zonas, niveles, tajeos mecanizados, frentes de avance lineal en cada nivel de operación.
- La distribución del personal por secciones, niveles y labores de operación, puntos de reunión (oficinas, salas de capacitación, comedores).

Respecto a la distribución de personal en las labores, se asignan 26 trabajadores, en promedio para operación por cada sección, al que se debe incrementar un promedio de 06 supervisores, totalizando un promedio de 32 personas, por cada sección.

**Cantidad referencial de trabajadores:**

Trabajadores EMQSA	: 8 trabajadores, 3 supervisores
Trabajadores EECC	: 12 trabajadores, 2 supervisores
Trabajadores Servicios	: 6 trabajadores, 1 supervisor
Número de trabajadores por guardia	: 32 trabajadores.

**Otros datos:**

Vía de acceso a Refugio minero	: RP -. 639
Área libre de Refugio minero	: 51.85 m2
Capacidad de Refugio minero	: 34 personas.

Los criterios operacionales específicos considerados en la Evaluación de Riesgos son las áreas críticas, sistemas de evacuación y rutas de escape que se encuentran detalladas en el Mapa de Riesgos y Vías de Escape, situaciones de emergencia consideradas en el Plan de Preparación y Respuesta a Emergencias, número de trabajadores detallado anteriormente, distancia de las labores y frentes de trabajo respecto a la ubicación del refugio minero.

El DS 024-2016 EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y su modificatoria DS 023-2017 EM, el cual en su artículo 151 dice que “toda mina subterránea dispondrá de estaciones de refugio...”, el artículo 386 inciso (f) “los tubos para petróleo deben ser instalados sin cruzar ni pasar a través de... estaciones de refugio” y el Anexo 19 donde se establece los requisitos mínimos de seguridad de las estaciones de refugio para casos de siniestros.

## TABLA DE EVALUACIÓN DE RIESGO

CONSIDERACIÓN TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	NIVEL DE RIESGO
VENTILACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hermetismo</li> <li>- El refugio contará con una línea independiente de aire comprimido (aire respirable), el aire viciado que se genere en el Refugio será evacuado por la Chimenea de Ventilación de 6 pulgadas de diámetro, RP 620, direccionándose hacia la Troncal V</li> <li>- Monitoreo continuo de gases en ambiente O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub></li> </ul>	BAJO
GEOMECÁNICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La calidad de roca es de Regular IIIB RMR= 45- 50 GSI: MF/R. No existe presencia de fallas principales importantes en la labor.</li> <li>-El encampame es de 870 m a Superficie.</li> <li>-El Abaco de sostenimiento de Barton y Grimstad (1993), recomienda sostenimiento con Shotcrete sin Fibra 2"-3" + Pernos. Pero por ser una labor permanente y su función será refugio contra siniestros; se recomienda instalar malla electrosoldada 4"x4" + Pernos Helicoidales de 7ft sistemáticos y finalmente un recubrimiento con Shotcrete de 2"-3".</li> <li>-En función al esfuerzo vertical máximo se obtienen valores de 39 MPa en el pilar de la VN639_10 y VN639_8. Con un Factor de Competencia de <math>140/39=3.58</math></li> <li>-Se observan desplazamientos máximos alrededor de la VN639-10 de 5.4 mm (condición estable).</li> <li>-Los Factores de Seguridad están por encima de 4.0; aunque este parámetro es relativo, debido a las presiones litostáticas variables y explotación de tajeos cercanos.</li> </ul>	BAJO
GEOLOGÍA	<p>La zona se encuentra dentro de la Formación "Capas Rojas"; la litología está conformada por Arenisca Silisificada y en menor proporción Arenisca Calcárea.</p>	BAJO

COMUNICACIÓN	El sistema de comunicación subterránea vía telefónica, tiene su fuente de energía que se abastece desde una central analógica que actualmente se ubica en superficie (entrada de bocamina Carlos Francisco), se ha elegido esta ubicación debido a que se cuenta con redundancia eléctrica. En el corto plazo, esta central se renovará por un Voice Gateway que emula una central analógica para administrarla desde una central IP, contará también, adicionalmente a la redundancia del sistema central de fluido eléctrico, con redundancia eléctrica por UPS, a fin de garantizar la operatividad del sistema de comunicación en interior mina ante cualquier eventualidad que corte el fluido eléctrico principal. Los equipos telefónicos análogos siguen un programa de mantenimiento y se cuenta con guías telefónicas en todas las estaciones subterráneas, donde se resalta el número para casos de emergencias que es conocido por todo el personal que ingresa a las operaciones.	BAJO
N° DE PERSONAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área total de refugio: 51.85 m<sup>2</sup></li> <li>- Área requerida por persona: 1.5 m<sup>2</sup>/persona</li> <li>- Capacidad máxima: 34 personas</li> <li>- N° de personas por guardia en la zona de influencia: 32 personas</li> </ul>	BAJO
DRENAJE MINA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenaje de la zona alta y baja a través de cunetas y por gravedad por los distintos niveles hacia el RB 581, siendo direccionado hacia Túnel Grattón con salida a superficie.</li> <li>- No se requiere de bombas por la salida del agua a superficie a través de Túnel Grattón.</li> <li>- Inexistencia de probabilidad de golpes de agua o inundaciones</li> </ul>	BAJO
DS 024-2016-EM Art. 386 (f)	Los tubos para petróleo deben ser instalados sin cruzar ni pasar a través... estaciones de refugio.	BAJO
DS 024-2016-EM Anexo 19	Requisitos mínimos de las instalaciones de refugio para casos de siniestros: Servicios, acceso y señalización, equipos y herramientas, alimentos, pruebas.	BAJO

#### **4.2.2 Características técnicas:**

El refugio minero debe asegurar las condiciones de sobrevivencia para una capacidad de 34 personas, refuerzo de sostenimiento, doble compartimiento, hermeticidad.

Para determinar la ubicación estratégica del refugio minero, se considera la accesibilidad y el tiempo para que el personal pueda trasladarse hasta ese punto desde las diferentes zonas de trabajo.

El sistema de alarma de gas olorífico para casos de emergencia, se encuentra ubicado en la línea principal de aire, en la bocamina Carlos Francisco para la zona baja, este sistema de alarma es inspeccionado mensualmente y puesto a prueba cada tres meses.

El sistema de comunicación subterránea vía telefónica, tiene su fuente de energía que se abastece desde una central analógica que actualmente se ubica en superficie (entrada de bocamina Carlos Francisco), se ha elegido esta ubicación debido a que se cuenta con redundancia eléctrica. En el corto plazo, esta central se renovará por un Voice Gateway que emula una central analógica para administrarla desde una central IP, contará también, adicionalmente a la redundancia del sistema central de fluido eléctrico, con redundancia eléctrica por UPS, a fin de garantizar la operatividad del sistema de comunicación en interior mina ante cualquier eventualidad que corte el fluido eléctrico principal. Los equipos telefónicos análogos siguen un programa de mantenimiento y se cuenta con guías telefónicas en todas las estaciones subterráneas, donde se resalta el número para casos de emergencias que es conocido por todo el personal que ingresa a las operaciones.

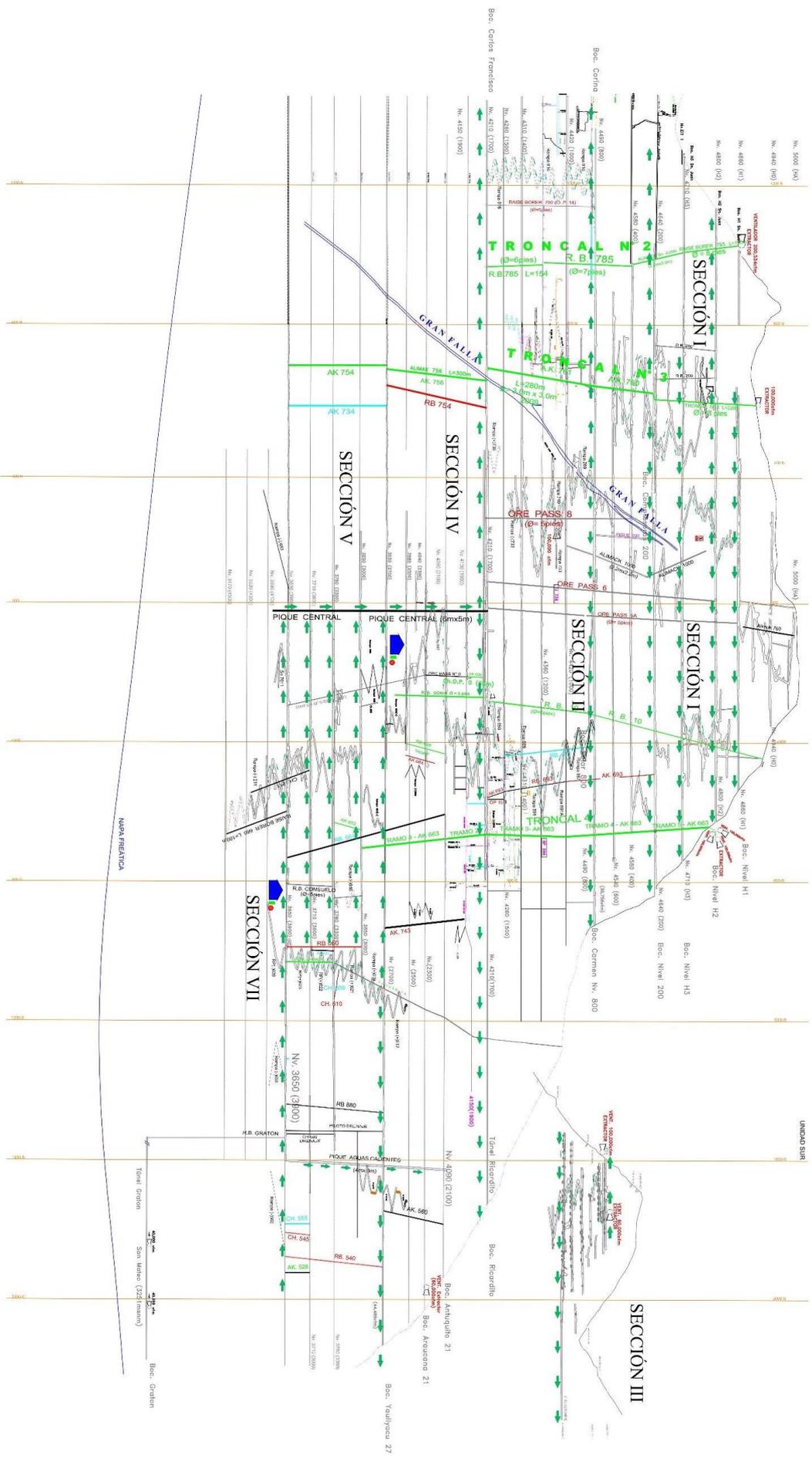
Las características técnicas del refugio minero, debe cumplir con lo establecido en el Artículo 151 y Anexo 19 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, DS. 023-2017-EM.

#### **4.2.3 Ubicación de refugio minero Nivel 4100.**

Para determinar la ubicación estratégica del refugio minero, se considera la accesibilidad y el tiempo para que el personal pueda trasladarse hasta ese punto desde las diferentes zonas de trabajo.

Debe asegurar las condiciones de sobrevivencia para una capacidad de 34 personas, refuerzo de sostenimiento, doble compartimiento, hermeticidad.

- Considerando los frentes de trabajo, en la sección V - VII, que son las labores con mayor profundidad se establece la ubicación de refugio minero, en el Nv-4100, RP-639, VN639\_10.
- En base a la evaluación de riesgos se determina que la FACTIBILIDAD del refugio minero es ACEPTABLE, debido a que presenta una calificación de riesgo BAJO.
- Los parámetros descritos aseguran las condiciones de operatividad y efectividad del refugio minero en caso de siniestro.
- Área total de refugio: 51.85m<sup>2</sup>,
- Área requerida por persona: 1.5 m<sup>2</sup>/persona
- Capacidad máxima: 34 (personal por guardia en zona de influencia: 32).



UNIVERSIDAD DANIEL ALCIDES CARRIÓN

PLANO INFLAR DE LA MINA  
YALTIVACU

DIBUJO: R.K.U.I., SANTOS VALLE, Ibarra J. I.  
INGENIERO INGENIERIA ESTRUCTURA DE MINAS



## 4.2.5 Estudio de estabilidad refugio minero Nivel 4100.

### 4.2.5.1 Introducción.

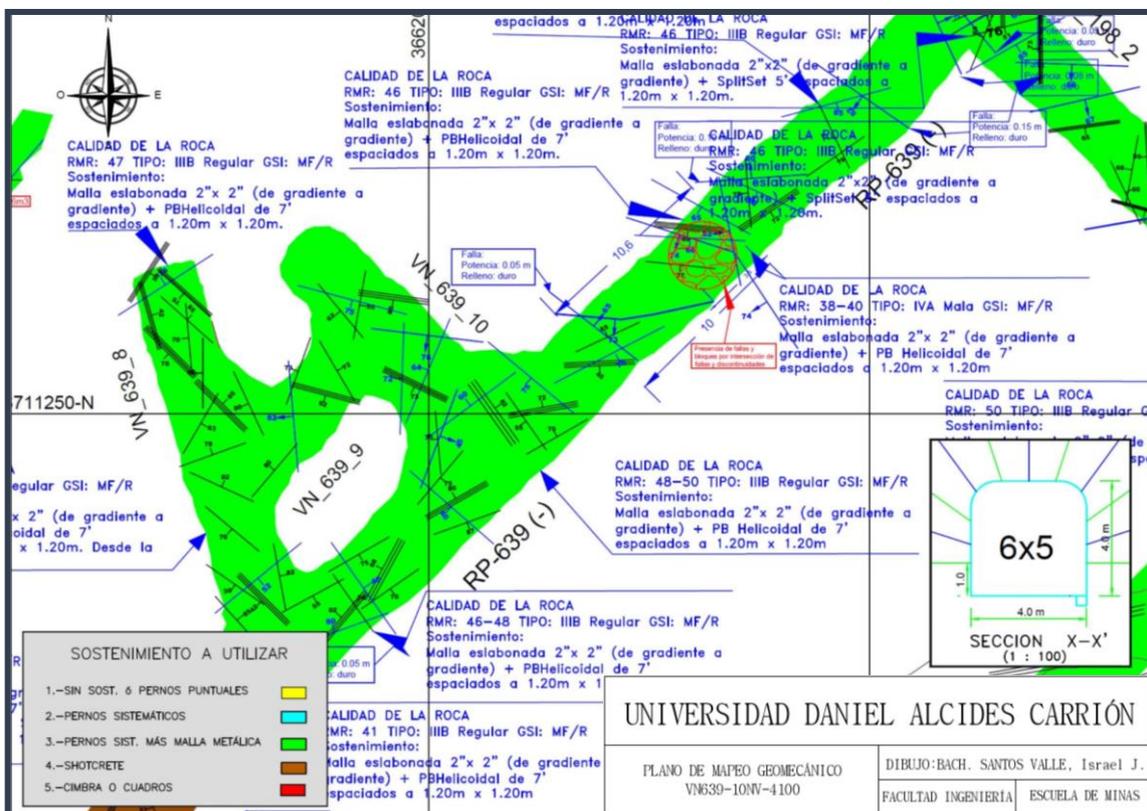
Se realizará la evaluación de estabilidad del área actual, VN639\_10, Nv-4100; con fines de ser un Refugio contra Siniestros.

### 4.2.5.2 Mapeo Geomecánico.

La zona se encuentra dentro de la Formación "Capas Rojas"; la litología está conformada por Arenisca Silisificada y en menor proporción Arenisca Calcárea. La calidad de roca es de Regular IIIB, RMR= 45- 50, GSI: MF/R. No existe presencia de fallas principales importantes en la labor.

El encampame es de 870 m a Superficie.

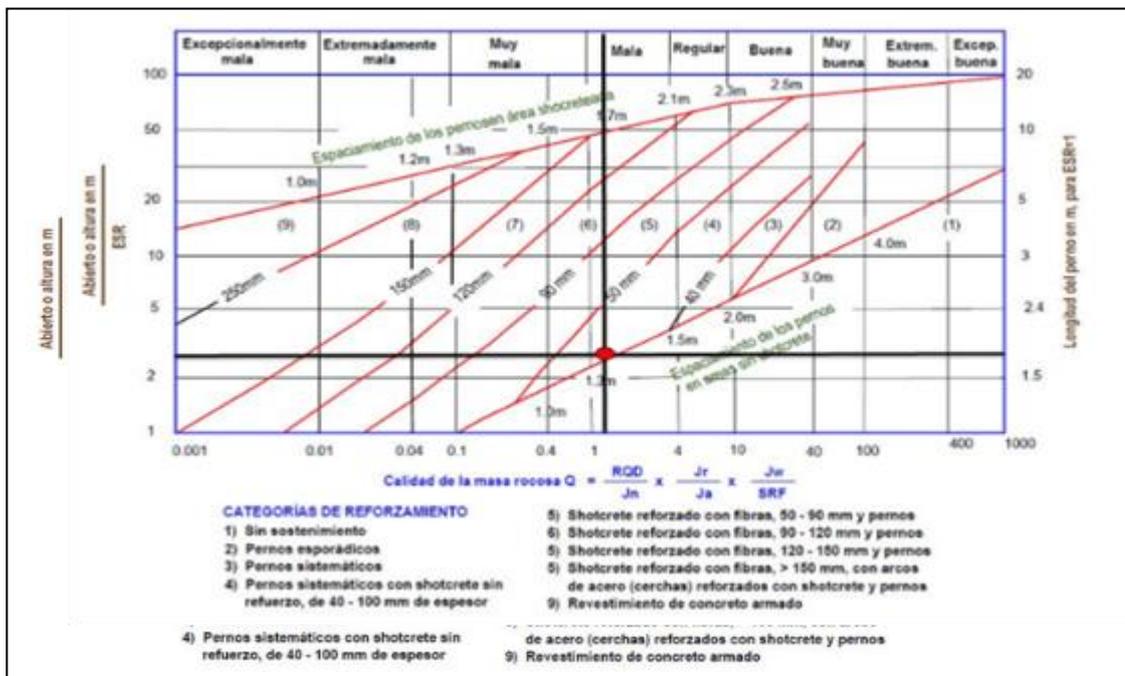
## PLANO DE MAPEO GEOMECANICO VN639\_10, NV-4100



	FORMULARIO OPERACIONAL			COBIGO	FOY-PTO-028
				REVISION	00
	REPORTE GEOMECANICO			APROBADO	27/01/2010
				PAGINA	1-1
<b>REPORTE GEOMECANICO</b>					
Progresiva:	Prog. 1130		Fecha	13-mar-18	
Mina	SECC. VII		Profundidad	864.32	m
Nivel	4100	3595.68	Estructura	Capas Rojas	
Labor	VN639_10		Litología	Arenisca	
Realizado:	DRO		Rc / Sv	6.02	
<b>SISTEMA RMR</b>					
PARÁMETROS			RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial			130	MPa	14
RQD			40	%	6
Espesamiento de discontinuidades			6 - 20	cm.	8
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>					
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	3 - 10	m
1	11 / 290	7	Abertura	0.1 - 1.0	mm
2	85 / 010	7	Rugosidad	LR	
3	55 / 095	6	Relleno	SD < 5	mm
4			Alteración	Ligera	
Agua subterránea			Seco		13
Orientación			Desfavorable		-10
			RMR <sub>95</sub> -		48
<b>Condiciones secas y orientación muy favorable</b>			RMR <sub>95</sub> -		60
<b>SISTEMA Q</b>					
PARAMEROS			RANGO		VALOR
RQD %			RQD	40 %	40
Número de discontinuidades			Jn	3 f+1	12
Número de rugosidad			Jr	Plana-Rug.	1.5
Número de alteración			Ja	Ligera	2
Número de agua subterránea			Jw	Seco	1
Factor de reducción de esfuerzos			SRF	Bloque Fract.	1.5
			Q -		1.67
			Q' -		2.50
RMR = 9 Ln Q + 44					
RMR = 9 Ln Q' + 44					
GSI = RMR <sub>95</sub> - 5			=		
			=		
<b>OBSEVACIONES:</b>					
<b>MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE</b>					
ESR -			1.6	Permanente	
MAA -			3.93	m	
RS -			1.0		
<b>RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO</b>					
σMR -			6.47 MPa		
<b>Tipo de labor</b>					
Relación soporte excavación			Permanente		
Altura			ESR -	1.6	
Ancho			H	4.8	m
Dimensión equivalente			A	4	m
			De -	3.00	
			Q -	1.67	
<b>Soporte recomendado:</b>			Pernos sistemáticos con Shotcrete sin fibra de 2-3".		

### 4.2.5.3 Recomendación para sostenimiento.

A continuación, se presenta el tipo de sostenimiento recomendado para la VN639\_10, Nv-4100, considerando que es una labor permanente, la calidad de roca y dimensiones de la excavación. Nos apoyamos con los datos de campo del formulario del mapeo Geomecánico.



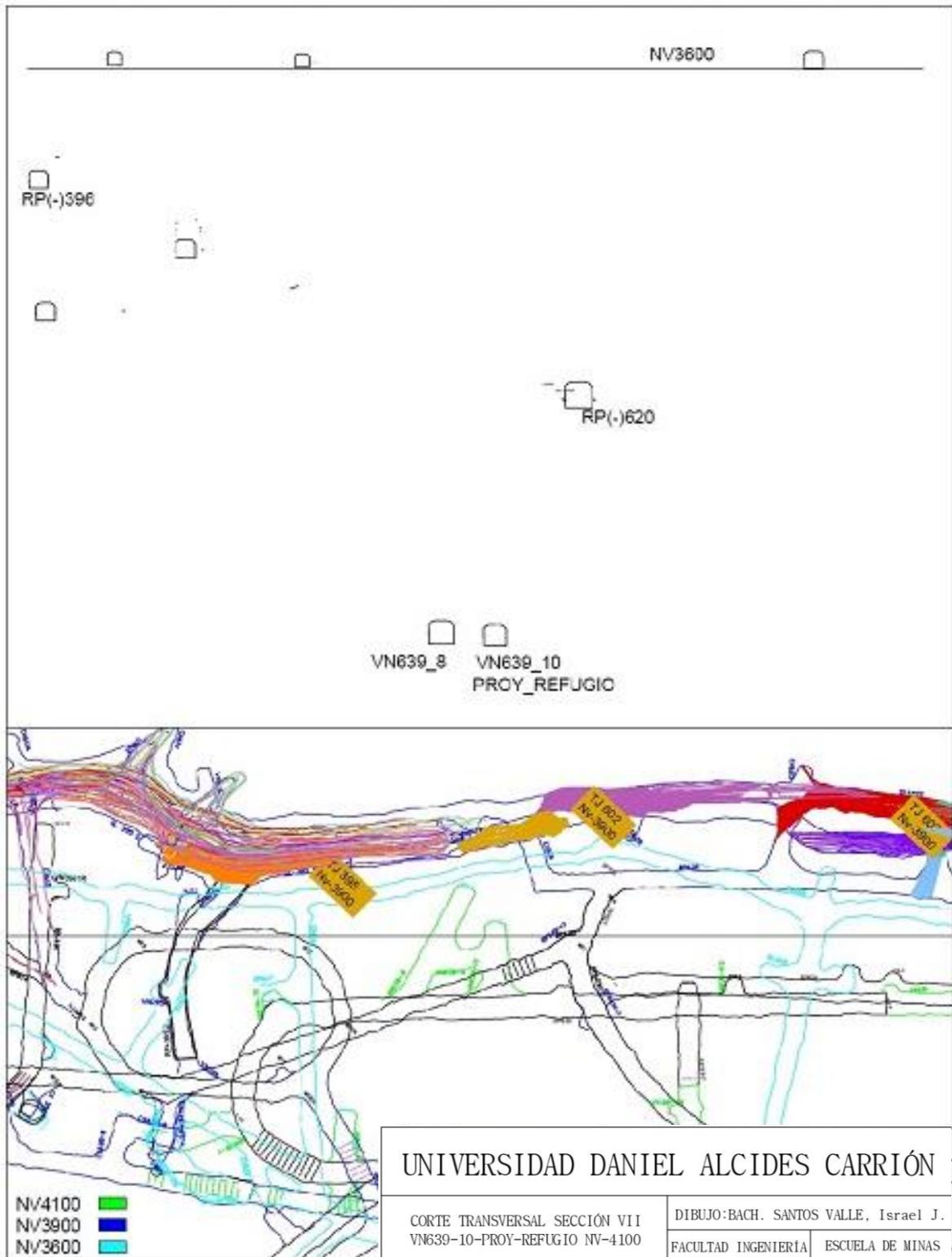
Ábaco de Barton y Grimstad (1993).

Con valor de Q = 1.67 y De = 3.0; se ingresa al Abaco y recomienda instalación de Shotcrete sin Fibra de espesor 2" - 3" + Pernos.

## CORTES EN SECCION

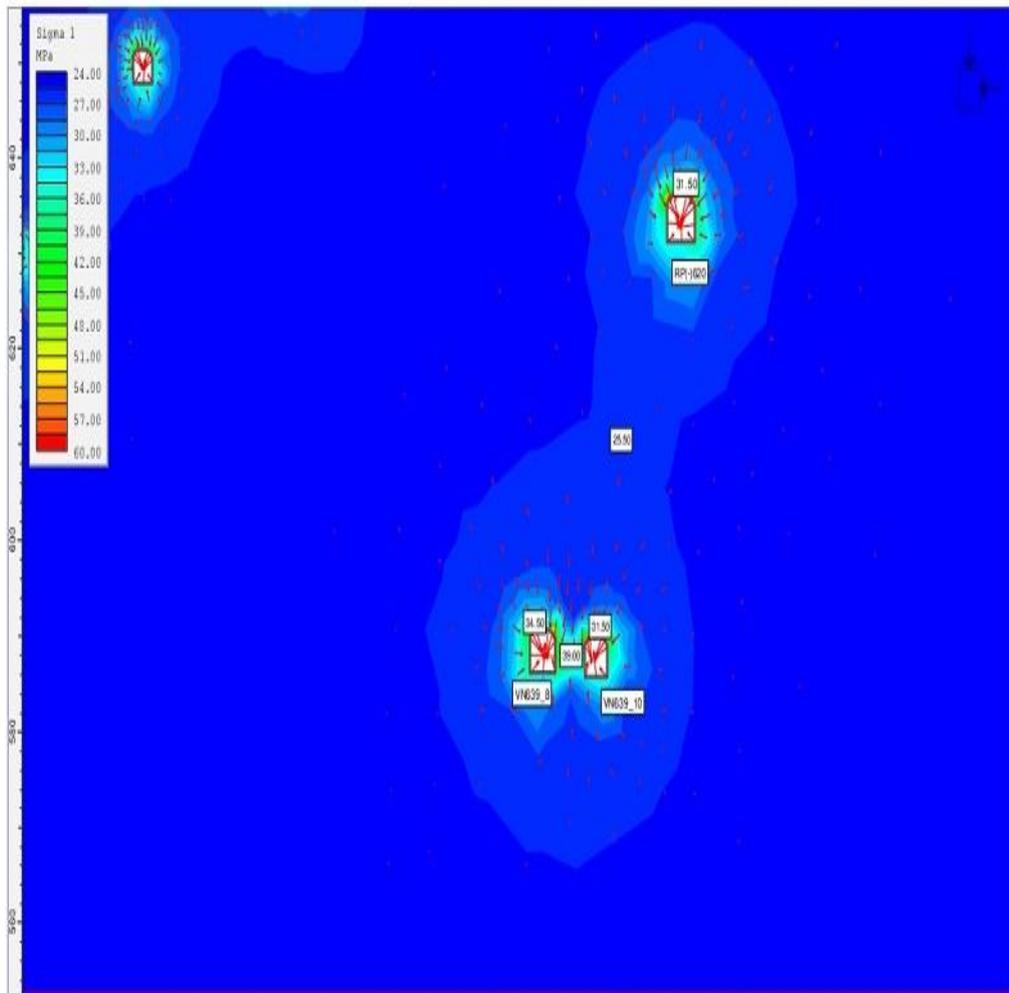
Presentación del Corte Transversal 1 en la VN639\_10, para realizar el análisis numérico.

Esfuerzo Máximo (MPa).

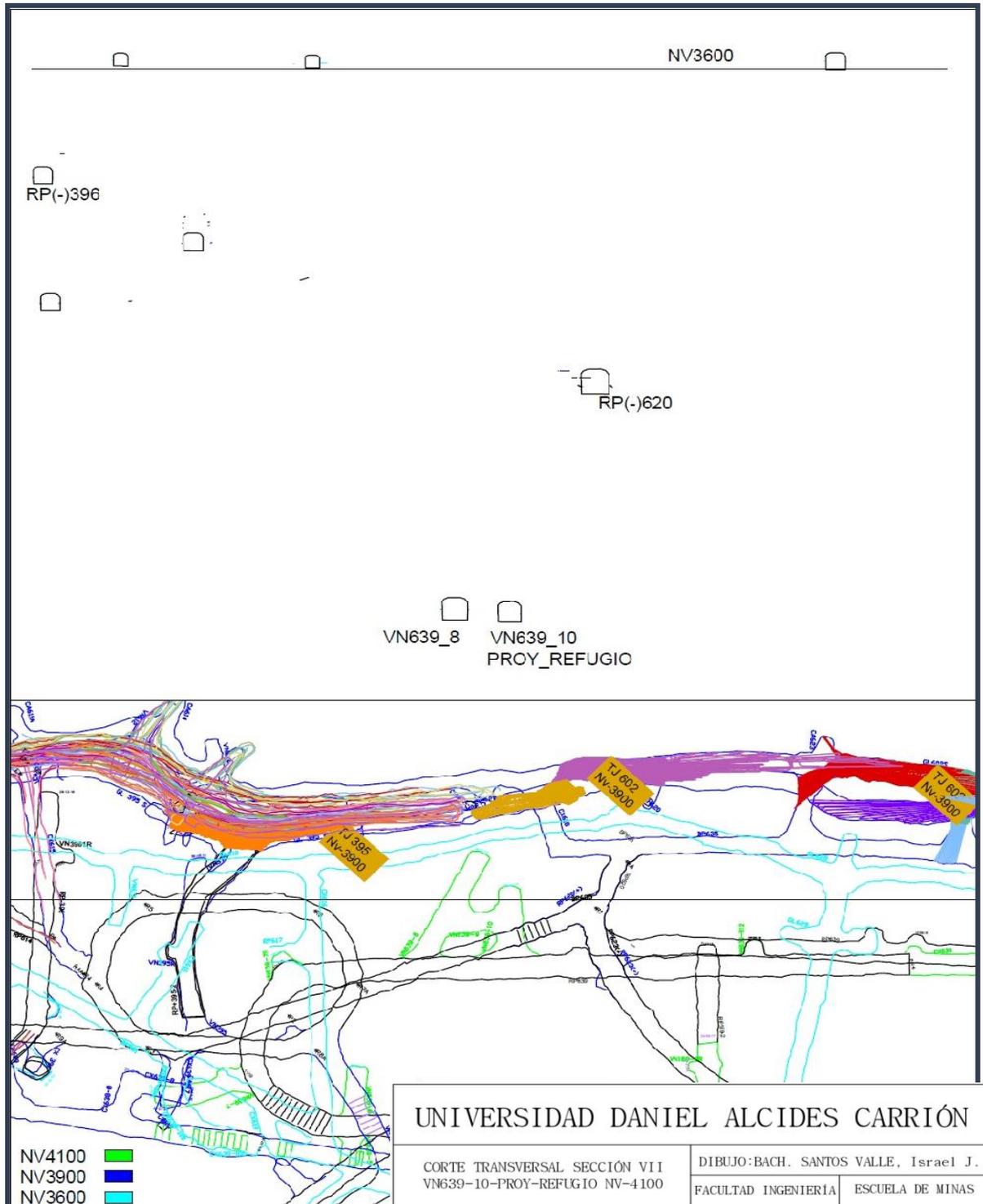


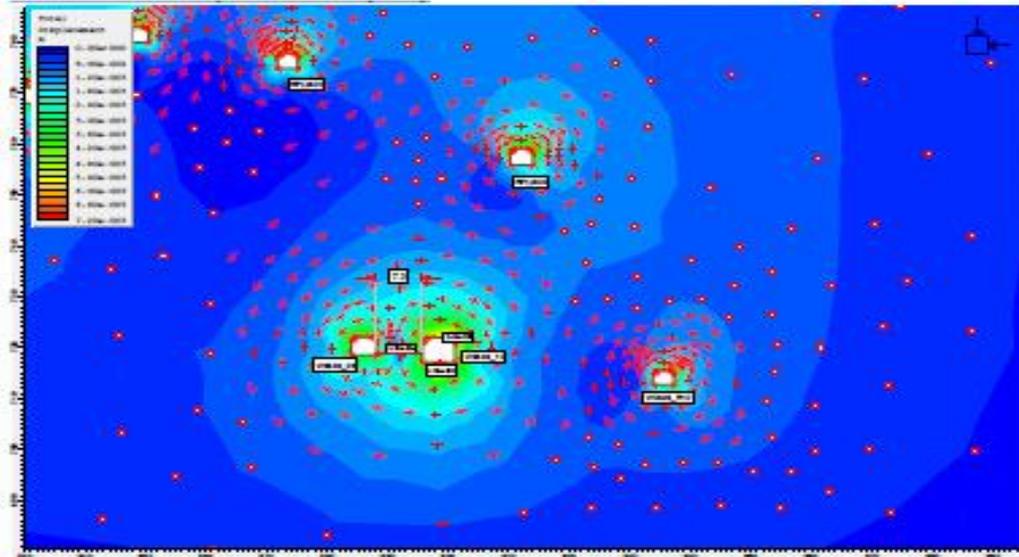
En función al esfuerzo vertical máximo se obtienen valores de 39 MPa en el pilar de la VN639\_10 y VN639\_8. Con un Factor de Competencia de  $140/39= 3.58$  (problemas de relajamiento de rocas). Requiere sostenimiento.

### En Función al Esfuerzo Máximo (MPa).



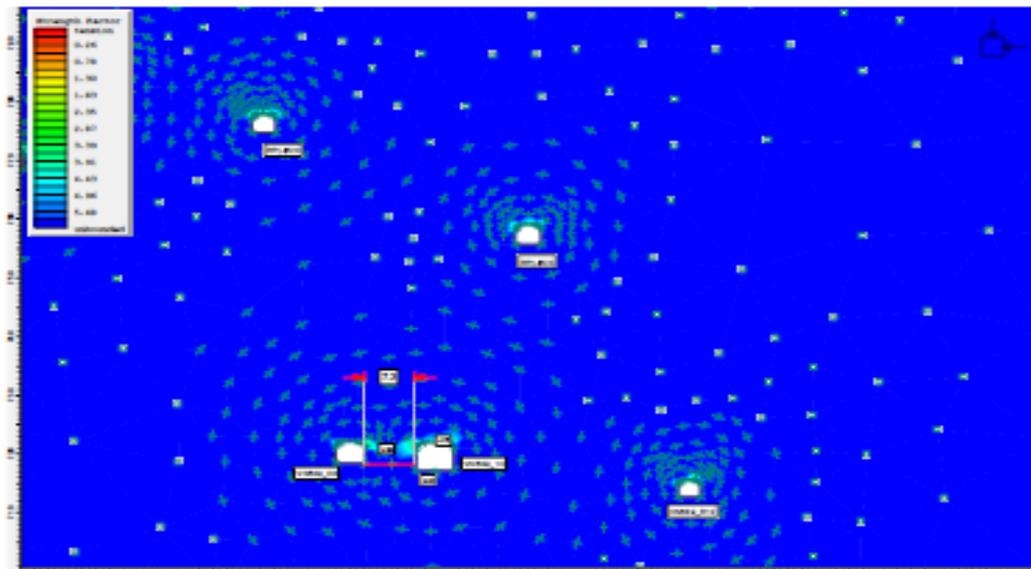
Presentación del Corte Transversal 2 en la VN639\_10, para realizar el análisis numérico.





Se observan desplazamientos máximos alrededor de la VN639\_10 de 5.4 mm (condición estable).

En Función al Factor de Seguridad (FS).



Los Factores de Seguridad están por encima de 4.0; aunque este parámetro es relativo, debido a las presiones litostáticas variables y explotación de tajeos cercanos.

## **Modelamiento Numérico – Software PHASES.**

Field Stress:

Field stress: constant

Sigma one: 25.14 MPa (compression positive)

Sigma three: 25.14 MPa (compression positive)

Sigma Z: 25.14 MPa (compression positive)

Angle from the horizontal to sigma 1: 0 degrees (counter-clockwise)

Material: Properties

Material: arenisca

Initial element loading: field stress only

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 13830 MPa

Poisson's ratio: 0.26

Failure criterion: Mohr-Coulomb

Tensile strength: 10 MPa

Peak friction angle: 50.3 degrees

Peak cohesion: 23.76 MPa

Material type: Plastic

Dilation Angle: 33.49 degrees

Residual Friction Angle: 30.47 degrees

Residual Cohesión: 0.118 MPa

### **CONCLUSIONES**

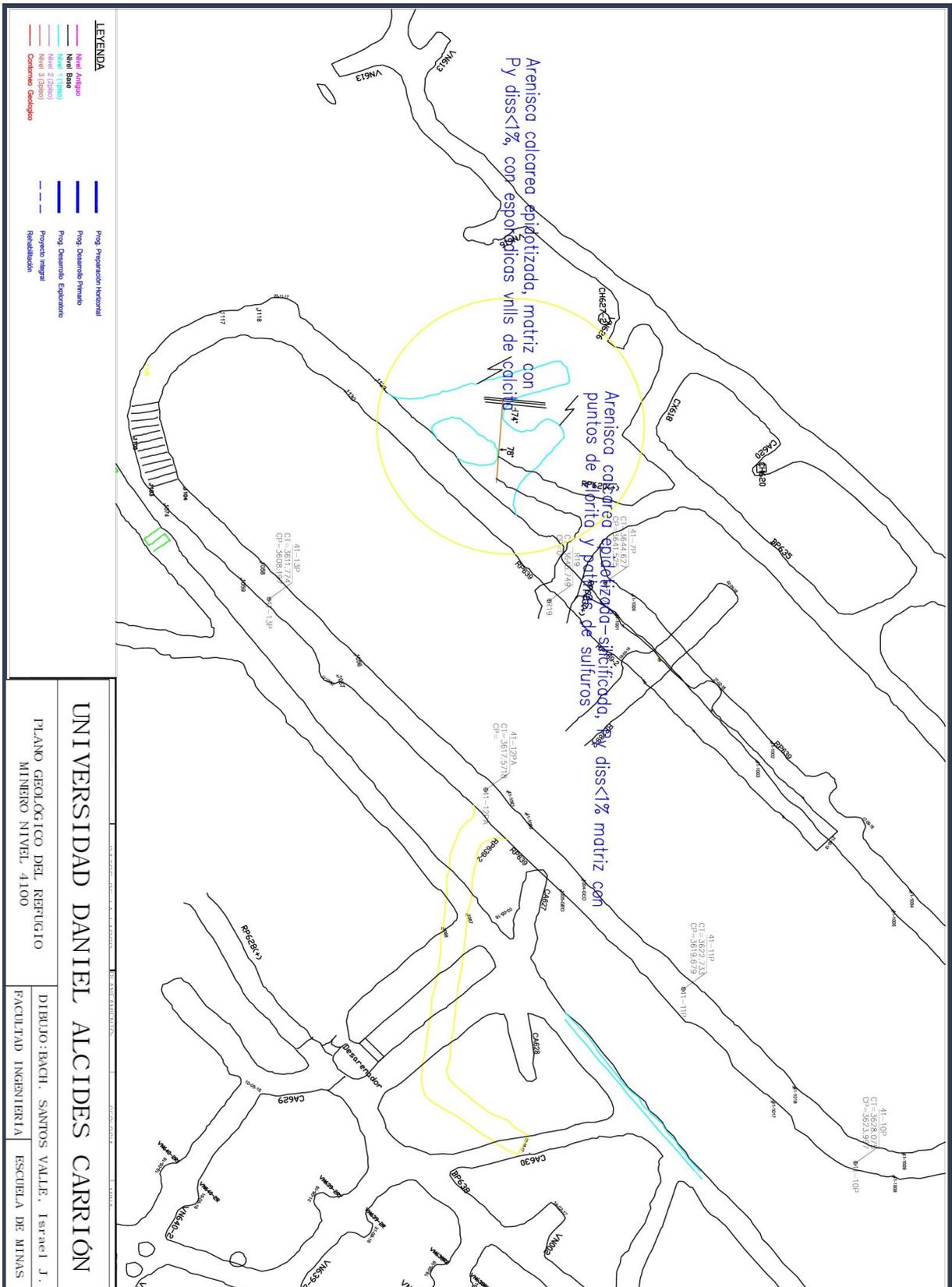
- El Proyecto de Refugio contra Siniestros se ubica en la VN639\_10 (4.5 x 4 m) Nv-4100, conformada por areniscas siliificada RMR= 45-50 IIIB, GSI: MF/R.
- El Abaco de sostenimiento de Barton y Grimstad (1993), recomienda sostenimiento con Shotcrete sin Fibra 2"-3" + Pernos. Pero por ser una labor permanente y su función será refugio contra siniestros; se recomienda instalar malla electrosoldada 4"x4" + Pernos Helicoidales de 7ft sistemáticos y finalmente, recubrimiento con Shotcrete de 2"-3".
- Se recomienda construir muros de concreto en el pilar entre la VN639\_10 y VN639\_08. Ya que con factores influyentes de esfuerzos

máximos variables y/o esfuerzos inducidos por tajeos (SLS) cercanos debilitarían el pilar.

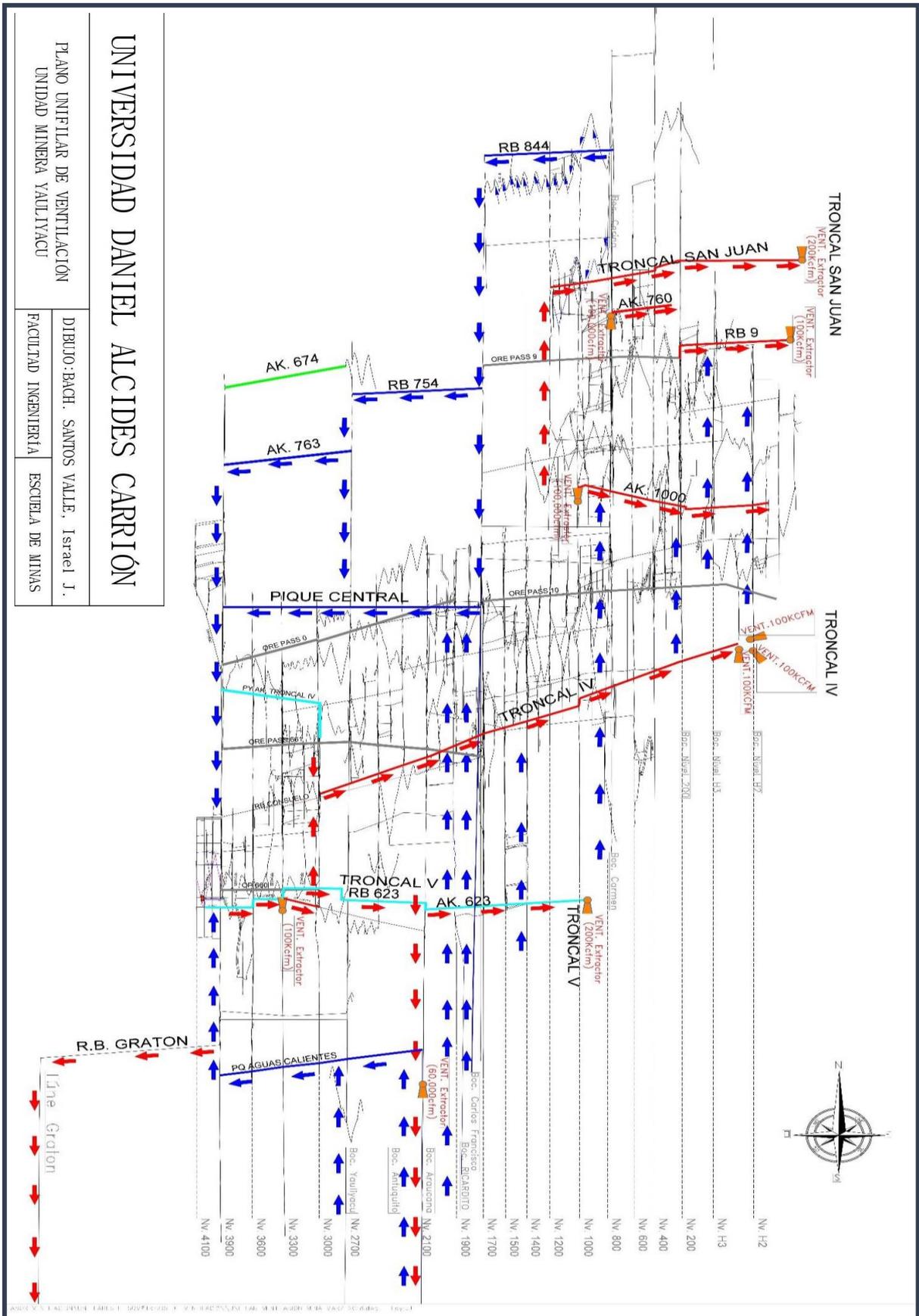
□ Del modelamiento numérico con el Software “Phases”, se tienen esfuerzos máximos verticales de 39 MPa; lo que genera Factores de Competencia de 3.58 (Resist. Comp. Roca / Esf. Max vertical= 140 / 39), se tendría problemas de relajamiento de roca en los contornos de la excavación, por lo que se debe aplicar algún tipo de sostenimiento.

□ Los Factores de Seguridad y los desplazamientos son indicadores de estabilidad referenciales; puesto que labores por debajo de los 500m; las condiciones son variables en función al lapso del tiempo e influencia de minado cercano.

### 4.2.6 Plano geológico del refugio minero Nivel 4100.



### 4.2.7 Plano unifilar de ventilación Unidad Minera Yauliyacu.



#### **4.2.8 Ventilación refugio minero Unidad Minera Yauliyacu.**

##### **1. Base Legal – D.S. 023-2017-EM:**

Artículo 151. – Toda mina subterránea dispone de estaciones de refugio herméticas que son construidas o instaladas de acuerdo al ANEXO 19.

Todo trabajador debe ser instruido sobre la ubicación y uso de dichas estaciones.

ANEXO 19: REQUISITOS MINIMOS DE SEGURIDAD DE LAS ESTACIONES DE REFUGIO PARA CASOS DE SINIESTRO

##### **CONDICIONES FISICAS**

Para refugios construidos en excavación en roca

Chimenea de Ventilación o taladro de 6" de diámetro con comunicación a niveles superiores, los que a su vez deben estar comunicados a superficie

##### **SERVICIOS**

Para refugios construidos en excavación en roca

Línea independiente de aire comprimido (aire respirable)

##### **2. Resumen**

Por ser una zona de profundización de la mina donde se realiza las operaciones, existe un potencial riesgo de derrumbes, incendios, gases tóxicos o emisiones de diesel, por eso es importante contar con una adecuada ventilación en el refugio.

Empresa Minera Los Quenuales S.A.- Unidad Yauliyacu.

##### **3. Diseño del circuito de Ventilación – Refugio Nv 4100.**

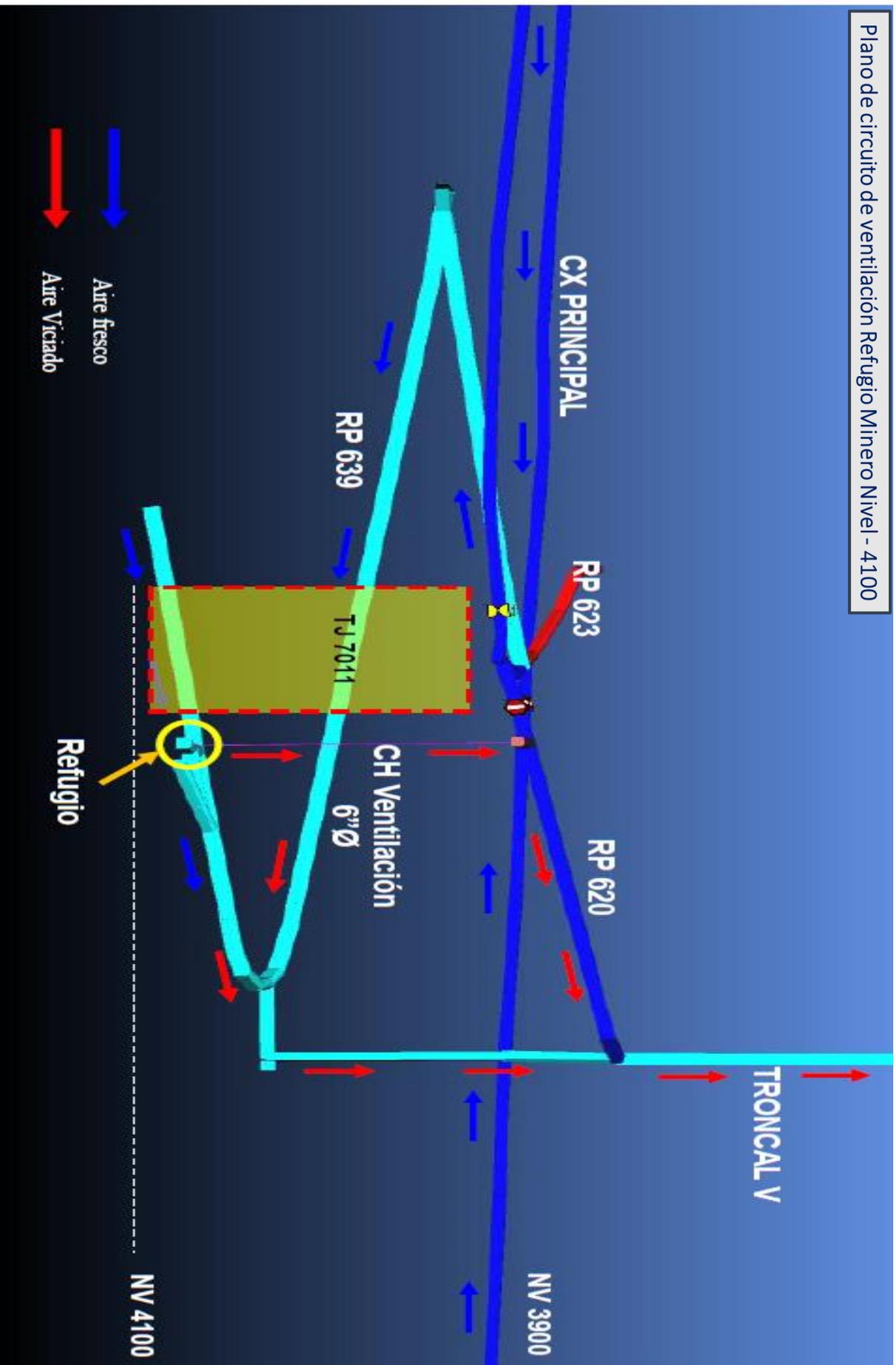
El refugio contará con una línea independiente de aire comprimido (aire respirable), el aire viciado que se genere en el Refugio será evacuado por la Chimenea de Ventilación de 6 pulgadas de diámetro, RP-620, direccionándose hacia la Troncal V (Ver imagen).

##### **4. Conclusiones**

- Asegurar un ambiente respirable y seguro.
- Implementar línea independiente de aire comprimido (aire respirable).

##### **5. Recomendaciones**

- Monitoreo continuo de condiciones en el refugio CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>.





#### 4.2.10 Sistema de alarma y comunicación para emergencias en Unidad Minera Yauliyacu.

### SISTEMA DE COMUNICACIÓN SUBTERRANEA

UNIDAD	UBICACIÓN	NIVEL	ALCANCE	SISTEMA DE COMUNICACIÓN
Yauliyacu	Bocamina Carlos Francisco	2700	Labores de Niveles 1400, 1500, 1700, 1900, 2100, 2300, 2500, 2700, 3000, 3300, 3600, 3900, 4100	OLORIFICO ETILMERCAPTANO
Yauliyacu	Bocamina Nv. 200 – Casa Compresora	200	Labores del Niveles 1200, 800, 600, 400, 200, H3, H2, H1	OLORIFICO ETILMERCAPTANO
Yauliyacu	Interior Mina	Todos los Niveles	Todos los Niveles	Anexo telefónicos



**Sistema de alarma odorífica Bocamina Carlos Francisco Nv. 1700**

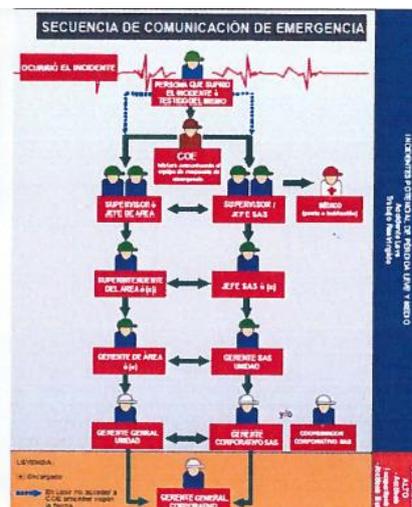


Sistema de alarma odorífica Bocamina Carlos Francisco Nv. 1700



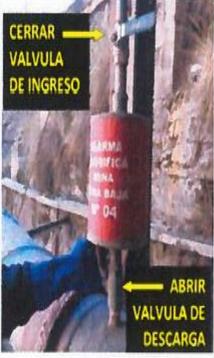
### Anexos telefónicos en mina

Todos estamos obligados a informar de forma inmediata, todo accidente, a COE (Nº 9) ó al jefe inmediato.



Sistema de alarma vía telefónica

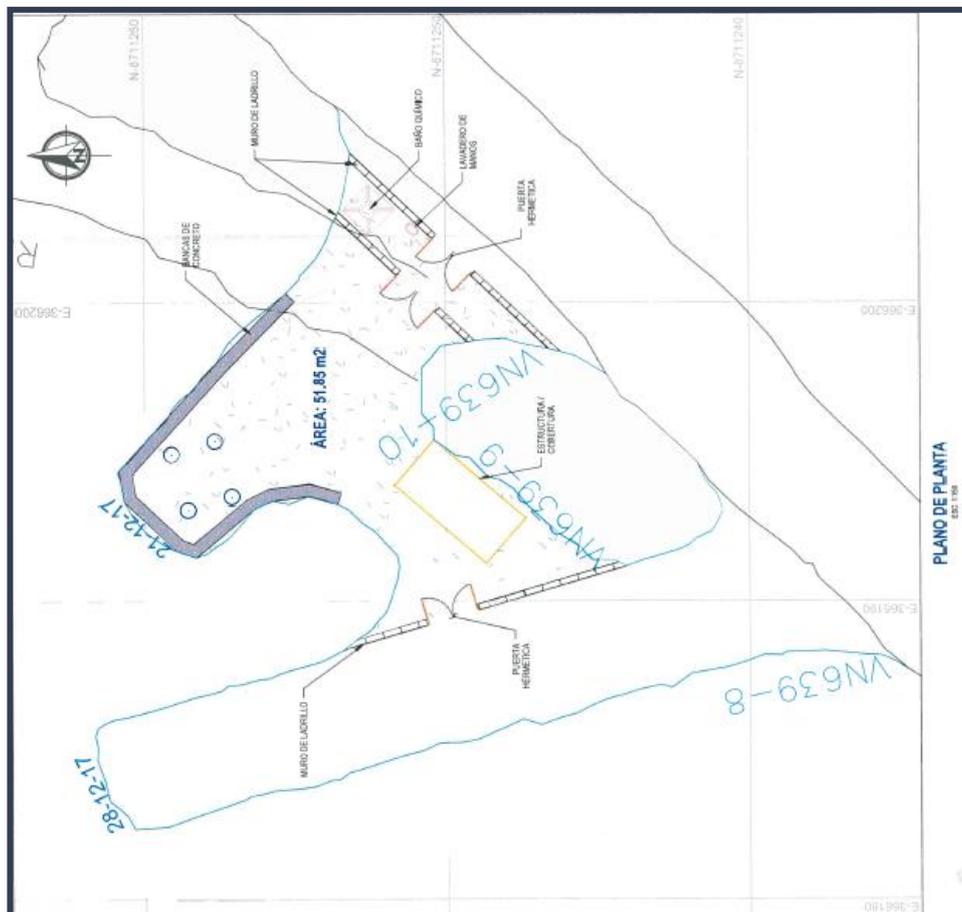
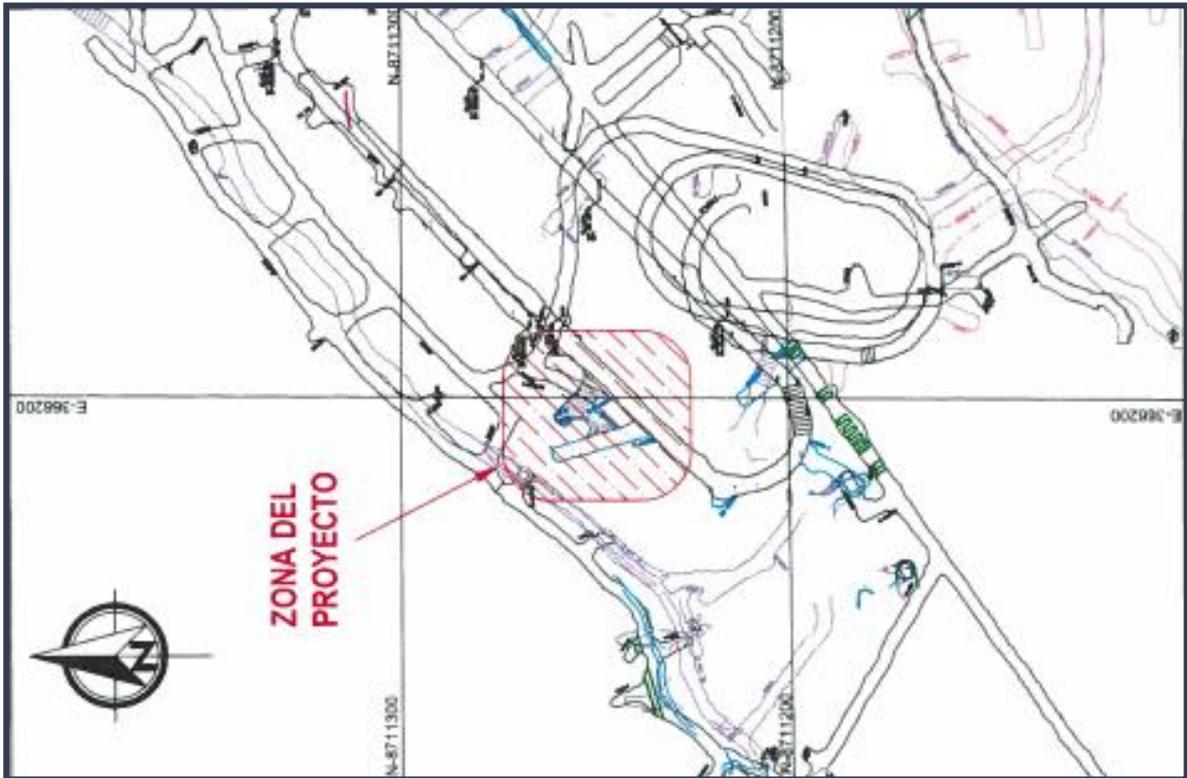
#### 4.2.11 Cartilla de activación de alarma olorifica.

 <p>LosQuenuales</p>	<h3>CARTILLA PARA ACTIVAR ALARMA OLORIFICA</h3>	
		
<p><b>Paso 1.-</b> Utilizar los Equipos de Protección Personal (Guantes, respirador y anteojos) ubicados en la Cajón de Emergencias</p>	<p><b>Paso 2.-</b> Comprobar la existencia de aire comprimido en el sistema, abriendo las válvulas de ingreso y de descarga del tanque.</p>	
		
<p><b>Paso 3.-</b> Abrir válvula de ingreso al tanque y comprobar que la válvula de descarga este cerrada.</p>	<p><b>Paso 4.-</b> Abrir recipiente que contiene el EtilMercaptano y vaciar por la válvula de ingreso al tanque.</p>	
		
<p><b>Paso 5.-</b> Concluido el vaciado cerrar la válvula de ingreso y proceder abrir la válvula de descarga hacia la tubería de aire.</p>	<p><b>Paso 6.-</b> Desechar los equipos de protección usados (Guantes, respirador, anteojos) y recipiente vacío del EtilMercaptano, en el contenedor de residuos peligrosos.</p>	

#### 4.2.12 Cartilla para el uso del refugio minero subterráneo.

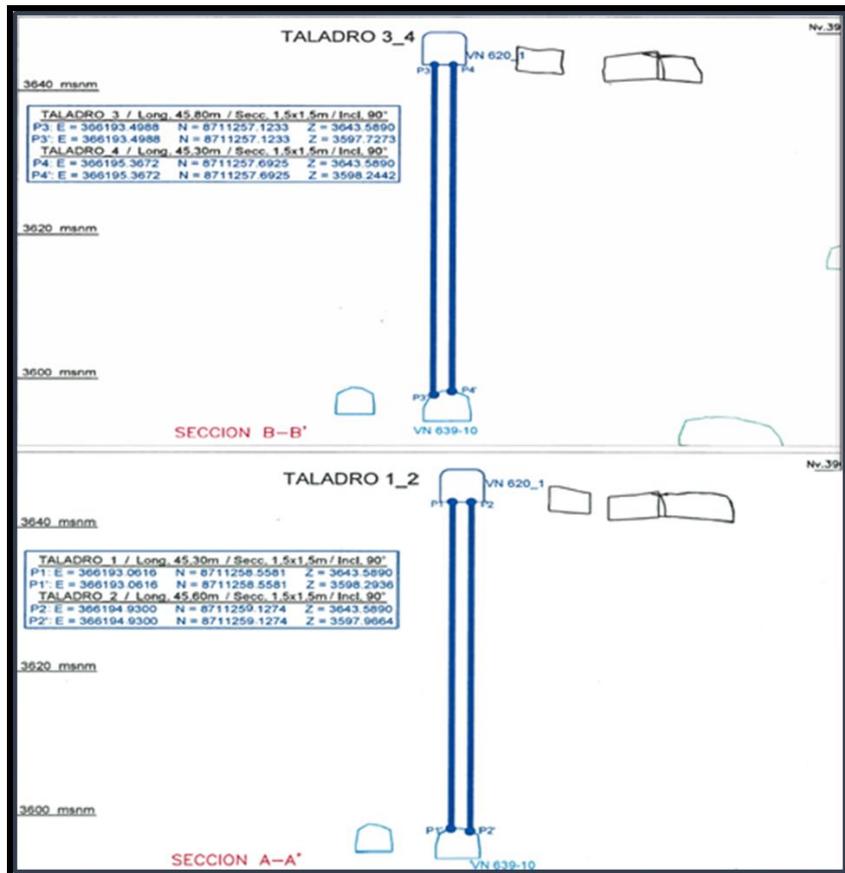
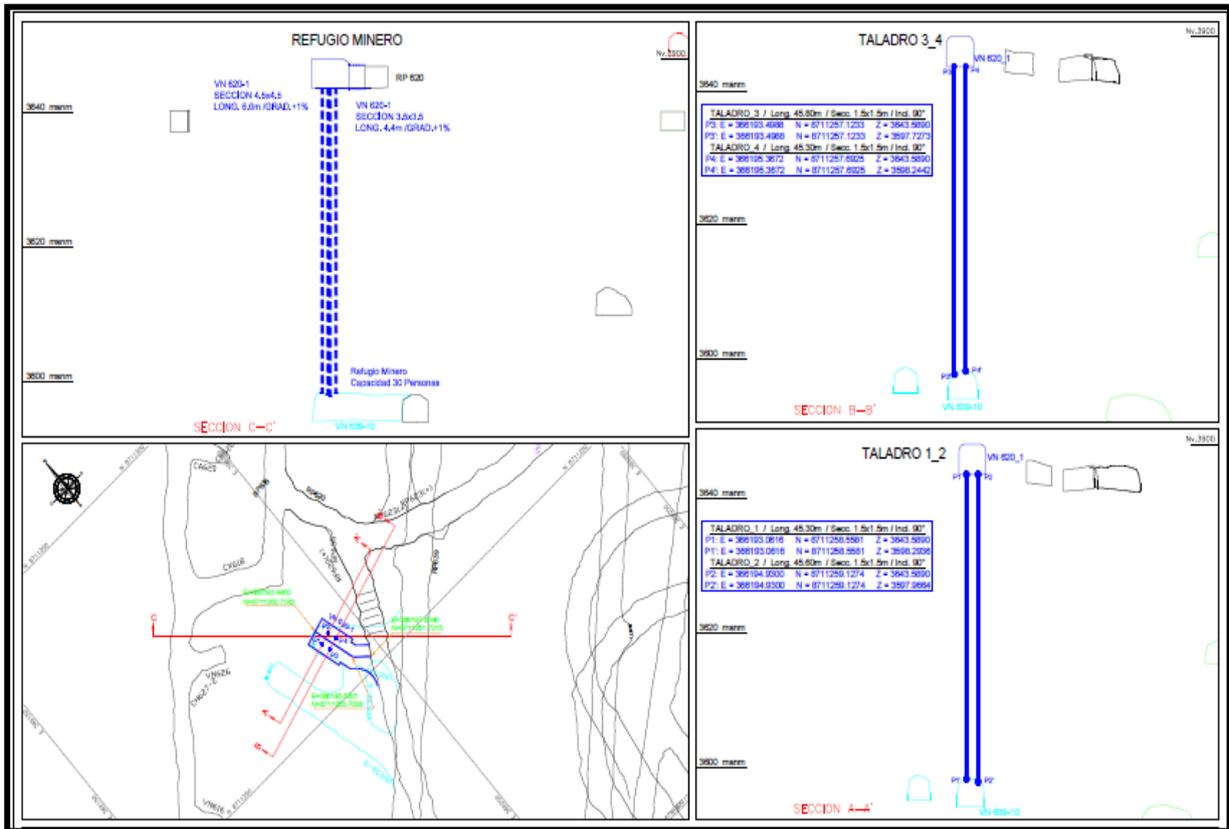
 <b>CARTILLA PARA EL USO DEL REFUGIO MINERO SUBTERRANEO</b>	
 <p><b>Paso 1.- ANTE UNA SITUACION DE EMERGENCIA EN INTERIOR MINA O ACTIVACION DE ALARMA OLORIFICA, VERIFIQUE QUE EL AREA ES SEGURA PARA USTED Y SUS COMPAÑEROS.</b></p>	<p><b>Número: 9</b></p>  <p><b>Paso 2.- COMUNICAR DE INMEDIATO A COE / SUPEVISION / SSO POR TELEFONO N° 9.</b></p>
 <p><b>Paso 3.- DIRIJASE A LA ZONA SEGURA DE SUPERFICIE O AL REFUGIO.</b></p>	 <p><b>Paso 4.- ABRA LA PUERTA DEL REFUGIO PARA EL INGRESO DEL PERSONAL Y MANTENGALA CERRADA EN TANTO LAS QUE LAS CONDICIONES EXTERNAS SEAN ADVERSAS.</b></p>
 <p><b>Paso 5.- EL REFUGIO TENDRA ALIMENTOS, AGUA E IMPLEMENTOS PARA HACER MAS SEGURA SU PERMANENCIA EN EL.</b></p>	 <p><b>Paso 6.- LA SUPERVISION VERIFICARA Y TOMARA LISTA DEL PERSONAL PRESENTE, SE COMUNICARA LAS NOVEDADES VIA TELEFONICA A SUPERFICIE Y NO SE SALDRA DEL REFUGIO HASTA QUE SE INDIQUE QUE NO HAY PELIGRO.</b></p>

#### 4.2.13 Diseño de refugio minero Nivel 4100.

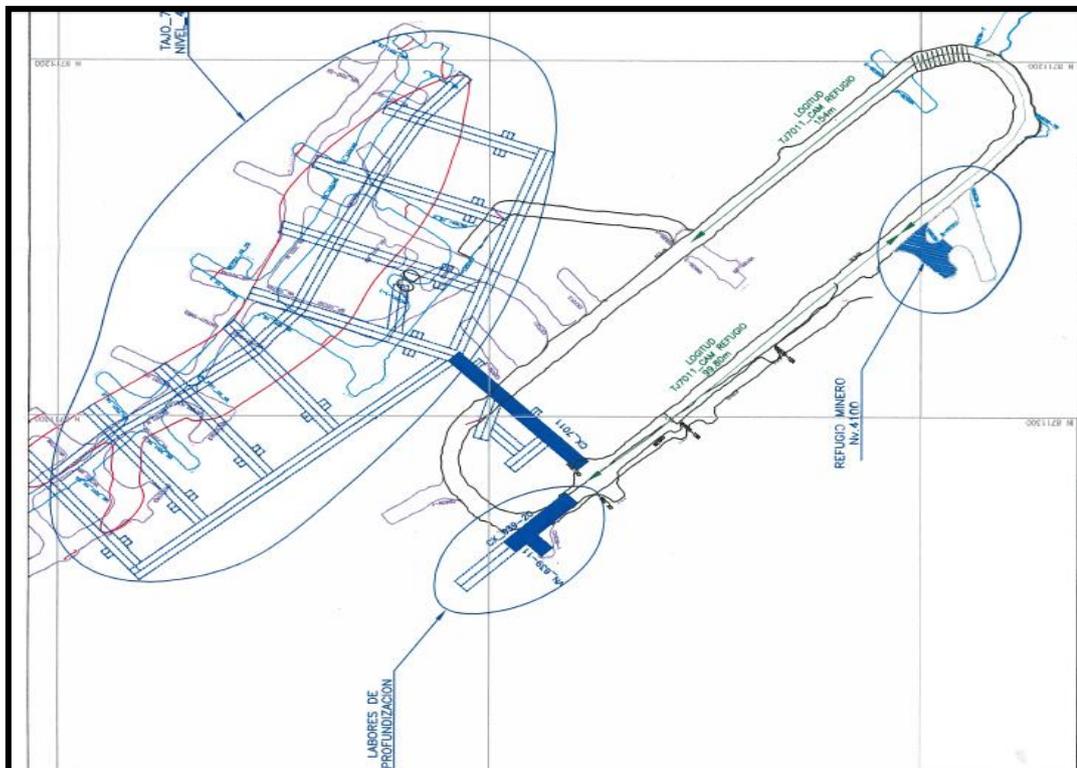
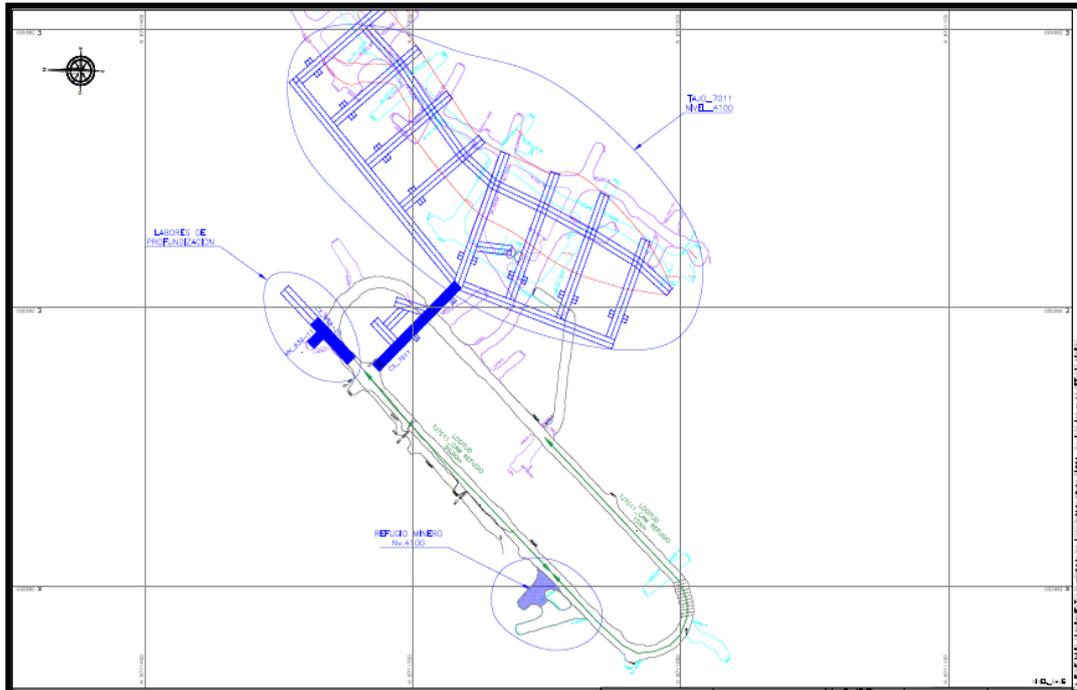




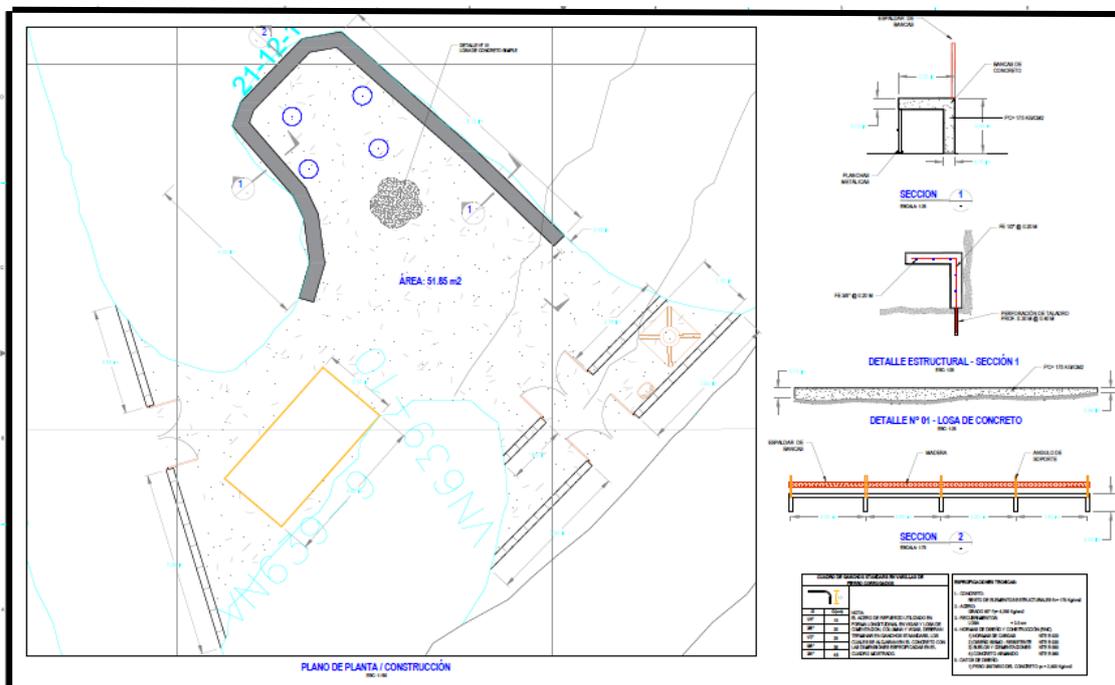
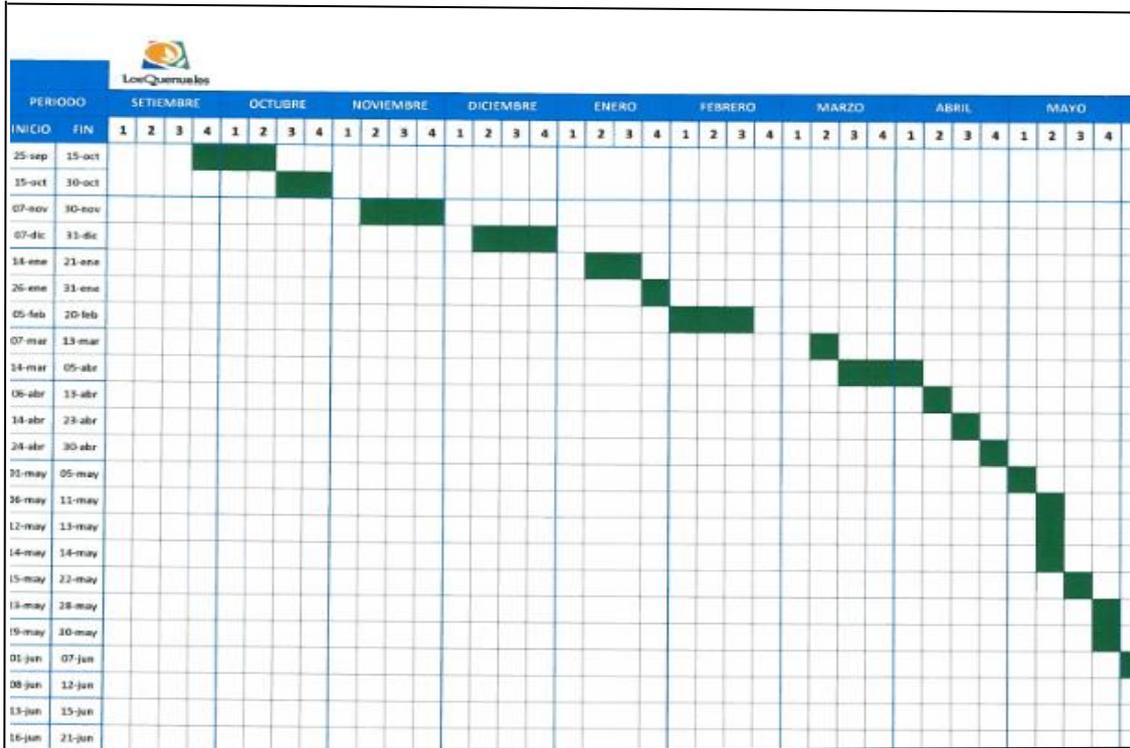




#### 4.2.15 Distancia refugio minero Nivel 4100 a zona de explotación.



### 4.2.16 Cronograma de actividades para implementación refugio minero Nivel 4100





### **4.3 FASE DE OPERACIONES DE LOS REFUGIOS EN CASO DE UNA EMERGENCIA.**

Este proceso está dividido en 5 partes correspondientes a una FASE DE OPERACION particular de modo de ordenar y clarificar los procedimientos que se deben llevar a cabo en caso de una emergencia.

#### **INGRESO.**

Instancia que se inicia con la evacuación del área siniestrada, hasta el ingreso a la cámara principal del refugio.

#### **PERMANENCIA.**

Contempla el periodo de tiempo que los trabajadores habiten el refugio.

#### **ELEMENTOS DE APOYO.**

Procedimiento Operativo de los dispositivos que permiten la correcta habitabilidad del refugio durante la permanencia de los trabajadores.

#### **EVACUACION.**

Procedimientos a efectuar para el abandono del refugio en condiciones normales.

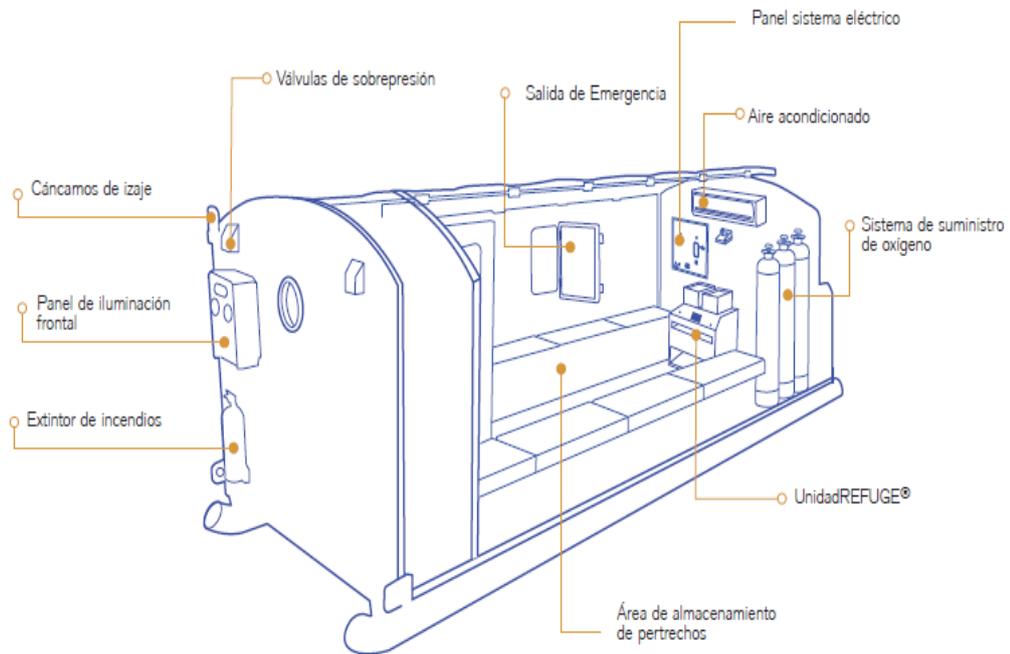
#### **EVACUACION DE EMERGENCIA.**

Procedimiento operativo para un escape del refugio en caso de una emergencia.

#### **SITUACIONES EXTREMAS.**

Procedimiento en caso de situaciones fuera de los protocolos de una situación de emergencia.

Cada una de estas fases contiene las instrucciones, modo de operación y consejos prácticos de acuerdo a las recomendaciones, teniendo en cuenta como eje principal la salud y el bienestar de los trabajadores que habiten el refugio en caso de una emergencia.



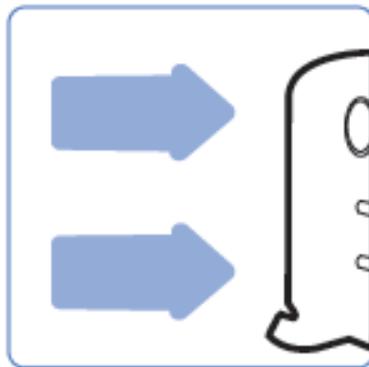
#### 4.3.1 INGRESO.

##### a. Detección de una emergencia.

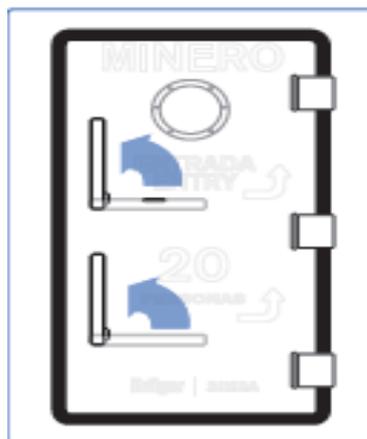


**b. Traslado hacia el refugio.**

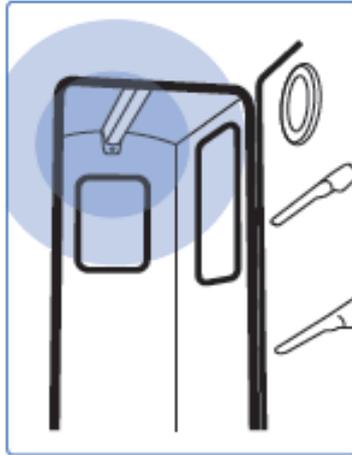
- Diríjase al refugio de manera calmada, de lo contrario podría ocasionar accidentes y agravar la situación de emergencia.
- El refugio cuenta con señales de iluminación y franjas refractantes que facilitarán el ingreso en condiciones de escasa visibilidad.
- Siga las instrucciones de su líder de emergencia y los protocolos acordados para un procedimiento de emergencia adecuado.



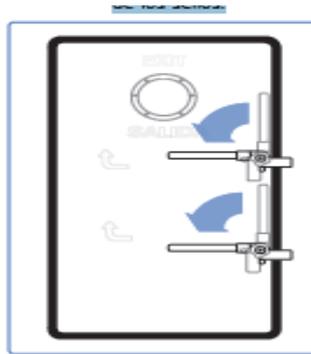
**c. Acceda al refugio girando ambas manillas hacia arriba con ambas manos.**



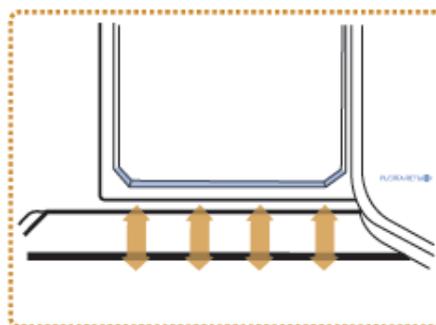
**d. Ingrese a la precámara. Los sensores de movimiento encenderán la luz de forma automática.**



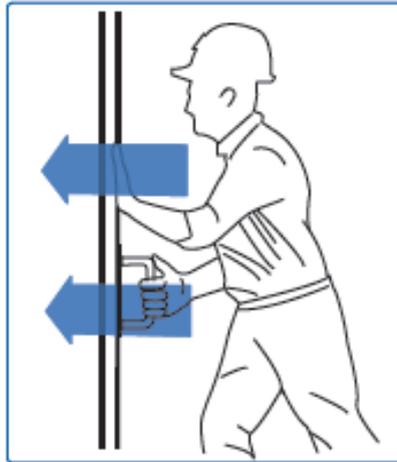
**e. Cierre la puerta girando ambas manillas hacia abajo firmemente para asegurar la hermeticidad de los sellos.**



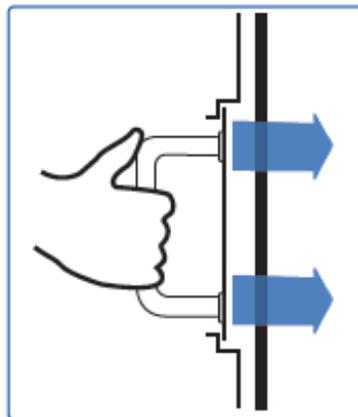
Precaución: tenga cuidado con la separación entre el suelo y el marco de la puerta.



**f. Ingrese a la cámara Principal.**



**g. Una vez dentro, cierre la segunda puerta con fuerza para asegurar los sellos.**



Si usted se encuentra utilizando el autorescatador, no se lo quite hasta verificar en el instrumento detector de gases, la concentración de gases al interior del refugio. esta medida ayuda a prevenir la inhalación de posibles gases.

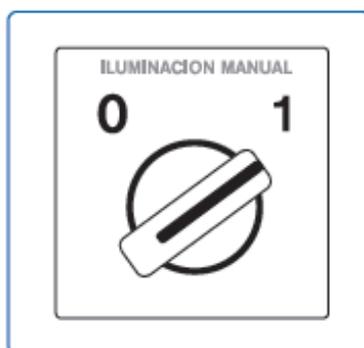


#### **h. Modo de Iluminación interna.**

Una vez en su interior, usted puede cambiar la forma de operación de la iluminación dirigiéndose al panel del sistema eléctrico y cambiando la posición del conmutador.

(0) Modo automático: Opera a través de detectores de movimiento

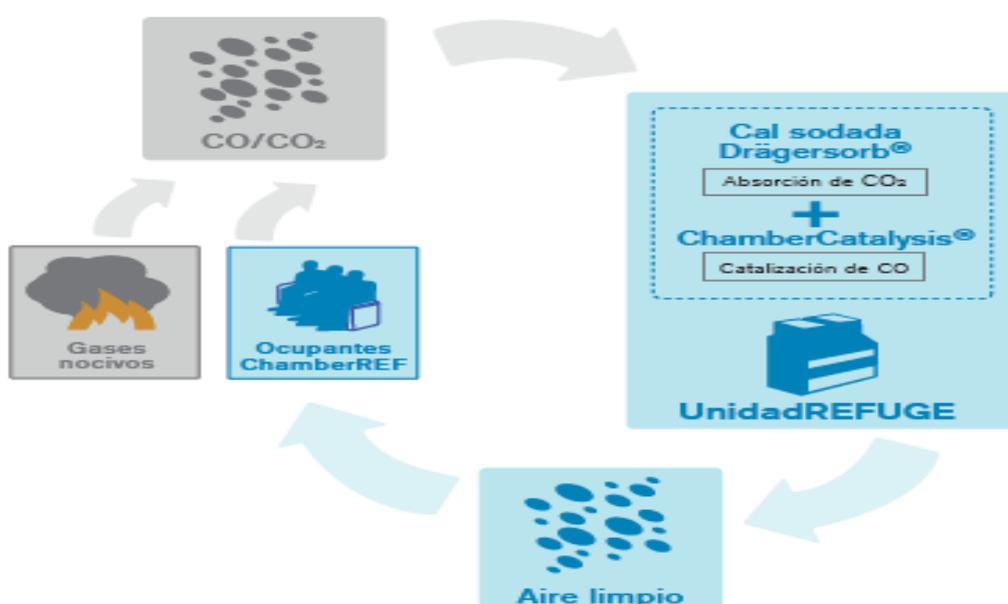
(1) Modo manual: La iluminación permanece constantemente encendida.



#### **4.3.2 PERMANENCIA.**

##### **a. funcionamiento.**

Para brindar una permanencia segura y saludable, el refugio cuenta con un sistema de ventilación y purificación de aire que debe comprender para permitir su mantenimiento y permitir el correcto funcionamiento de sus componentes.



El sistema de purificación se basa en la recirculación del aire del interior de la estación de refugio y permite eliminar los posibles gases tóxicos mediante la absorción y catalización química de estos compuestos. Utilizando ventiladores, el aire ambiental es dirigido a través de contenedores que incorporan, por un lado, cal sodada.

Drägersorb la que realizará la absorción del CO<sub>2</sub> presente en el aire y por otro, la eliminación del CO mediante la utilización del catalizador.

El oxígeno consumido dentro de la estación el refugio es reemplazado por oxígeno contenido en cilindros (ubicados al lado izquierdo de la entrada a la cámara del refugio a un flujo predeterminado. El oxígeno es inyectado dentro de la cámara del refugio, recirculándolo a través de la estación de refugio.

Además, la estación cuenta con una unidad de aire acondicionado para mantener la temperatura en su interior en un nivel que no supere los 30°C. Este sistema cuenta con respaldo de energía para que funciones ininterrumpidamente por el tiempo exigido.

El volumen de oxígeno inyectado al sistema de ventilación es controlado por un regulador con manómetro y flujómetro, que se ajusta de acuerdo al número de personas que ocupan el refugio. Este proceso de purificación continua hasta que:

- A. Las personas que se encuentran en el refugio son rescatadas.
- B. Todo el oxígeno contenido en los cilindros haya sido usado.
- C. El absorbente químico de dióxido de carbono se haya agotado y ya no tenga capacidad para eliminarlo.
- D. Las baterías estén completamente descargadas

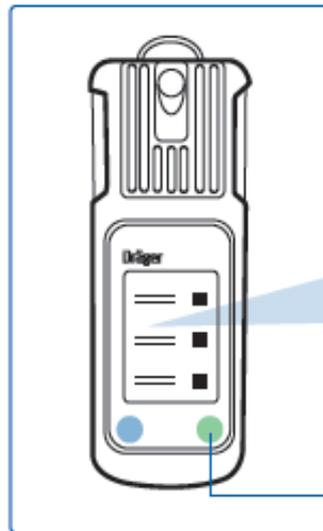
**b. Monitoreo nivel de gases.**

Tome el monitor de gases y enciéndalo D presionando el botón que indica el esquema.

Una vez encendido, asegúrese que los niveles de CO, O<sub>2</sub> Y CO<sub>2</sub> estén según los rangos que se indican a continuación:

Tome el monitor de gases y enciéndalo D presionando el botón que indica el esquema.

Una vez encendido, asegúrese que los niveles de CO, O<sub>2</sub> Y CO<sub>2</sub> estén según los rangos que se indican a continuación:



Tome el monitor de gases y enciéndalo presionando el botón que indica el esquema. Una vez encendido, asegúrese que los niveles de CO, O2 Y CO2 estén según los rangos que se indican a continuación:

O<sub>2</sub>: Sobre 19, 5%  
 CO<sub>2</sub>: Hasta 4000 PPM (0.4%)  
 CO: Hasta 40 PPM (0.004%)

**BOTÓN DE ENCENDIDO**

**c. proceso de espera**

Si los niveles que indica el monitor están bajo los rangos señalados, significa que usted se encuentra en un ambiente seguro, por lo que se recomienda mantener la calma. El monitor es un equipo opcional, si no se encuentra al interior del refugio cierre la válvula de la línea de aire comprimido, encienda la unidad purificadora y abra el paso del oxígeno y proceda según se indica.



**d. Raciones de agua**

EMERGENCY DRINKING WATER

TEAR  
abra aquí

125 ml agua

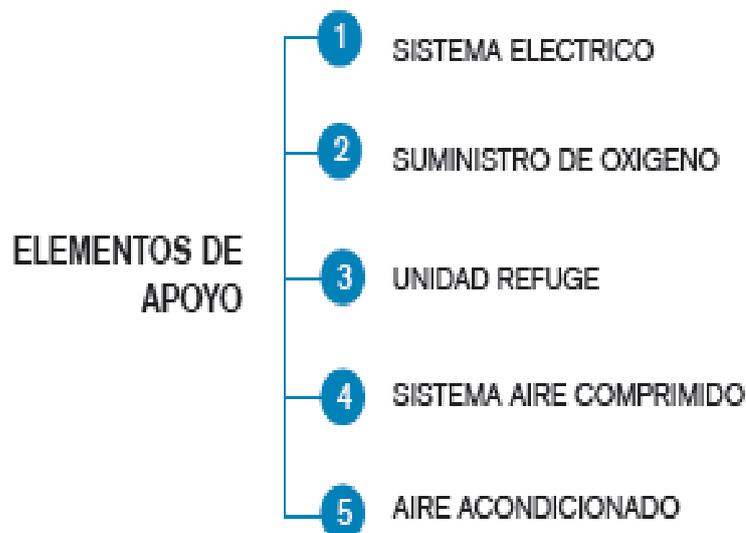
consumo mínimo ———— 2 sobres al día  
 consumo máximo ———— 4 sobres al día

e. Raciones de comida.



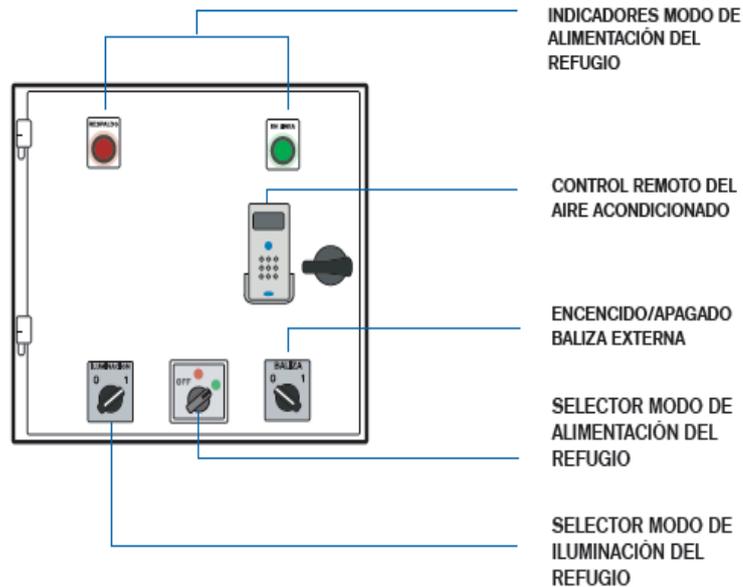
**4.3.3 ELEMENTOS DE APOYO.**

Los elementos de apoyo se dividen en 5 sistemas. Cada sistema responde a una función específica del refugio, permitiendo que, en su conjunto, el refugio ChamberREF® se comporte de manera estable y eficiente, brindando un ambiente seguro y respirable a sus ocupantes.



## 1. sistema eléctrico.

### a. Panel del sistema eléctrico.

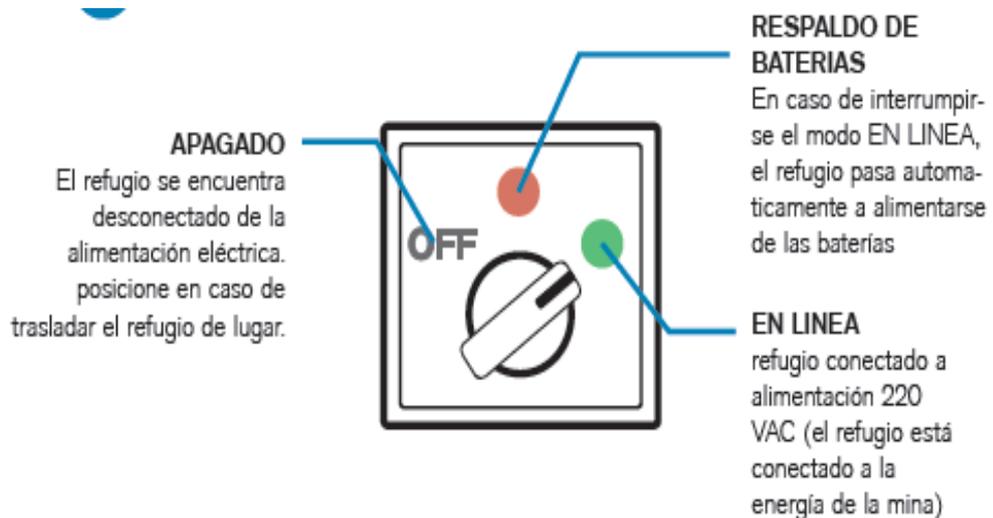


### b. Modo de alimentación eléctrica.

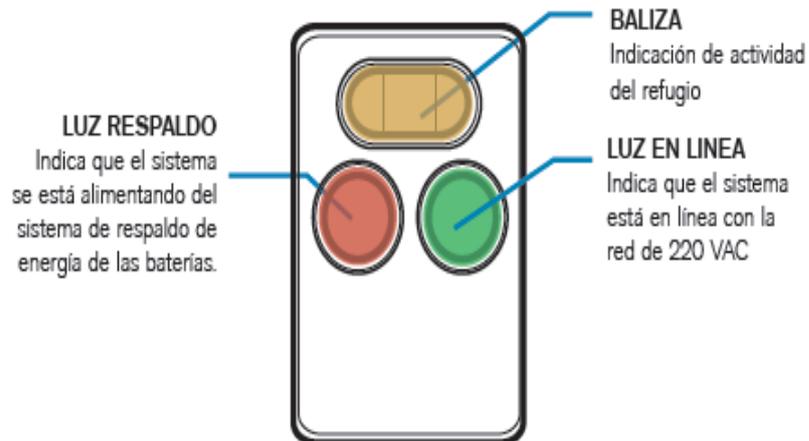
La estación de refugio debe permanecer permanentemente conectada a la red eléctrica.

Se requiere de un conector industrial 220 VAC monofásico tipo hembra de 32 Amp.

Conecte al sistema a la red eléctrica 220 VAC 50/60Hz para iniciar el modo en línea. En este momento el sistema se encuentra habilitado. Se encenderá la luz exterior verde indicando que el sistema esta energizado desde la red eléctrica 220 VAC (en línea).



### c. Panel de Iluminación frontal.

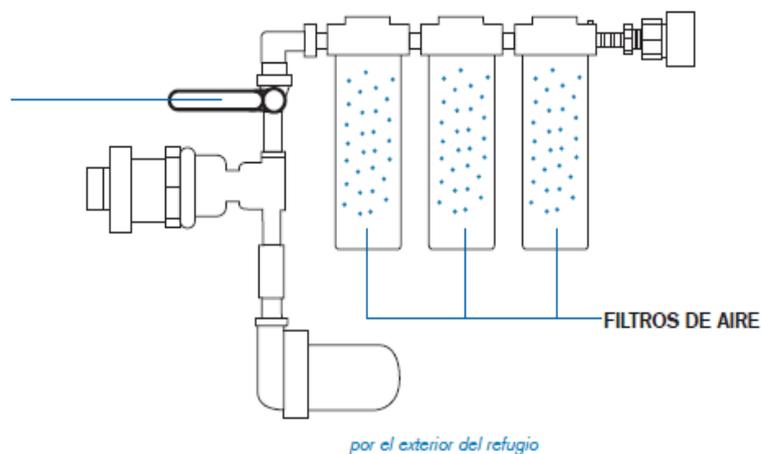


### 2 Red de aire Comprimido.

En la estación de refugio usted encontrará el sistema de filtros para conexión a la red de aire comprimido. En la parte posterior exterior de la estación se encuentran los filtros con descarga de agua automática que será el punto de entrada de la red de aire al refugio.

#### a. llave de paso.

La llave de paso de aire se debe encontrar abierta (posición horizontal válvula abierta y posición vertical válvula cerrada).

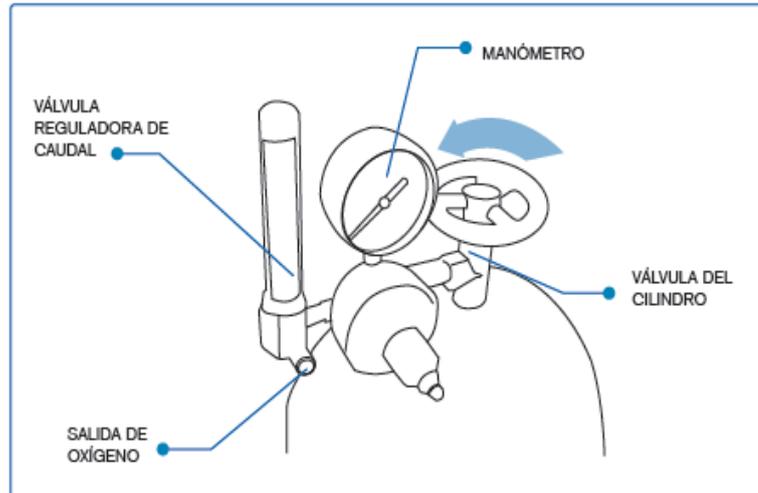


c. Una vez presurizado el sistema se debe abrir el regulador de presión (en el sentido de las manecillas del reloj se cierra y en sentido contrario, se abre).

### 3 Suministro de Oxígeno.

a- Abra lentamente la válvula de uno de los cilindros de oxígeno y asegúrese que el flujo de oxígeno sea el apropiado para la cantidad de personas en el refugio.

(Válvulas parcialmente abiertas impedirán el flujo de oxígeno).



b. Inicie el flujo de oxígeno dentro del refugio seleccionando el caudal adecuado de aire girando lentamente en dirección de las manecillas del reloj.

La válvula del regulador que controla el caudal de oxígeno (válvula reguladora de caudal).

De esta forma se está manteniendo el aire al interior del refugio con niveles casi normales de concentración de oxígeno.

Nº DE PERSONAS	CAUDAL DE OXIGENO
1 - 4	2 lt/min
5 - 6	3 lt/min
7 - 8	4 lt/min
9 - 10	5/lt min
11 - 12	6 lt/min
13 - 14	7 lt/min
15 - 16	8 lt/min
17 - 18	9 lt/min
19 - 20	10 lt/min

Diagrama de la válvula reguladora de caudal con una línea que apunta a la tabla de flujo.

c. Periódicamente revisar el flujo de oxígeno para asegurarse que está ajustado de acuerdo a la cantidad de personas al interior del refugio (refiérase al cuadro “Regulación del flujo de oxígeno”).

d. Cuando se haya agotado el oxígeno del cilindro N°1, cierre la válvula y proceda a abrir lentamente la válvula del cilindro N°2 hasta que quede completamente abierta.

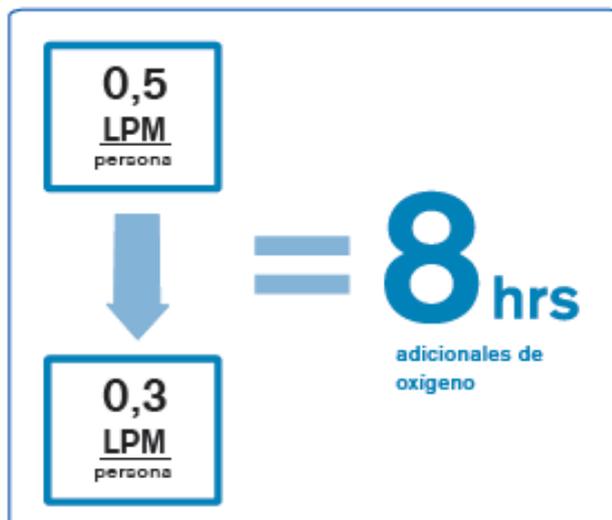
e. Repita este procedimiento con los cilindros restantes N°3 y N°4, procurando abrir lentamente las válvulas correspondientes.

f. En caso de quedar con tan solo un cilindro de oxígeno disponible, usted podrá tomar la decisión de seguir con el mismo caudal de oxígeno de 0,5 lt/m (LPM) por persona o bien, el flujo de oxígeno se podrá reducir a unos 0,3 LPM por persona. Esto provocará un cierto enrarecimiento del aire en el refugio que, sin ser riesgoso para la salud de los ocupantes, aumentará la duración de oxígeno en unas 8 horas adicionales, aproximadamente.

Procure ubicar el cilindro de tal manera que la válvula reguladora de caudal quede totalmente libre. Evite que esta quede apoyada en algún objeto que interrumpa su manipulación.

g. Asegúrese que las válvulas de los otros cilindros ubicados en la Unidad refugio estén cerradas y no haya flujo de oxígeno.

f. En caso de quedar con tan solo un cilindro de oxígeno disponible, usted podrá tomar la decisión de seguir con el mismo caudal de oxígeno de 0,5 lt/m (LPM) por persona o bien, el flujo de oxígeno se podrá reducir a unos 0,3 LPM por persona. Esto provocará un cierto enrarecimiento del aire en el refugio que, sin ser riesgoso para la salud de los ocupantes, aumentará la duración de oxígeno en unas 8 horas adicionales, aproximadamente.



En caso de quedar sólo un cilindro de oxígeno: Puede cambiar el flujo de oxígeno para obtener tiempo adicional de oxígeno en el refugio.

g. Procure ubicar el cilindro de tal manera que la válvula reguladora de caudal quede totalmente libre. Evite que esta quede apoyada en algún objeto que interrumpa su manipulación.

h. Asegúrese que las válvulas de los otros cilindros ubicados en el refugio estén cerradas y no haya flujo de oxígeno.

La cantidad de cilindros al interior del refugio dependerá de la capacidad de personas del refugio y del tiempo de autonomía requerido. Para 48 horas de duración, los refugios con capacidad para 8, 10 y 12 personas incorporan dos cilindros, mientras que los de 16 y 20 personas incorporan tres unidades.

#### **4. Aire Acondicionado.**

a. Ubique la unidad de control remoto del aire acondicionado.

Esta se encuentra a un costado del tablero eléctrico, al interior del refugio.

b. Presione ON/OFF en el control remoto para encender el equipo de aire acondicionado.

c. Verifique que el modo de operación que se indica en la pantalla del control remoto se encuentra en modo COOL. En caso que necesite cambiar a dicho modo presione el botón MODE.

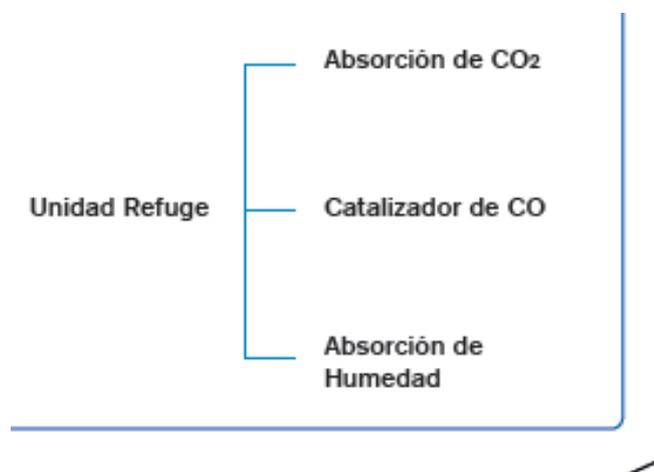
d. Verifique que la temperatura de operación que se indica en la pantalla del control remoto se encuentre ajustado a una temperatura de 30° C.

e. En el caso de no existir control remoto en el interior del refugio, dirijase a la unidad Split del aire acondicionado y presione el botón de encendido o levante la tapa frontal de este, donde encontrará el botón AUTO/COOL. En este caso el aire acondicionado operará en forma automática a una temperatura de 25°. (En esta condición, aumenta el consumo de energía eléctrica, por lo que se recomienda no perder de vista el control remoto).

### 5. Recomendaciones preventivas.

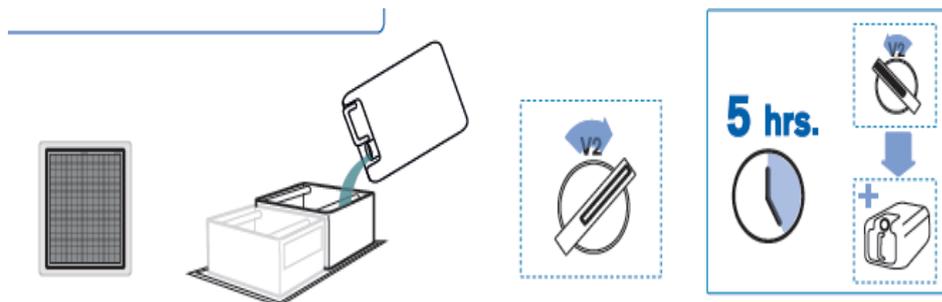
Para que la central de aire del refugio funciones de acuerdo a sus especificaciones, el refugio deberá estar completamente sellado para prevenir cualquier filtración de gases al interior, o de escape de aire hacia el exterior del refugio. Estando la estación refugio herméticamente cerrada, la preparación para la operación del refugio es la siguiente:

La Unidad REFUGE® cumple tres funciones esenciales en la purificación del aire al interior del refugio. Cada una de estas, tiene un procedimiento específico a aplicar.



## Absorción de CO<sub>2</sub>.

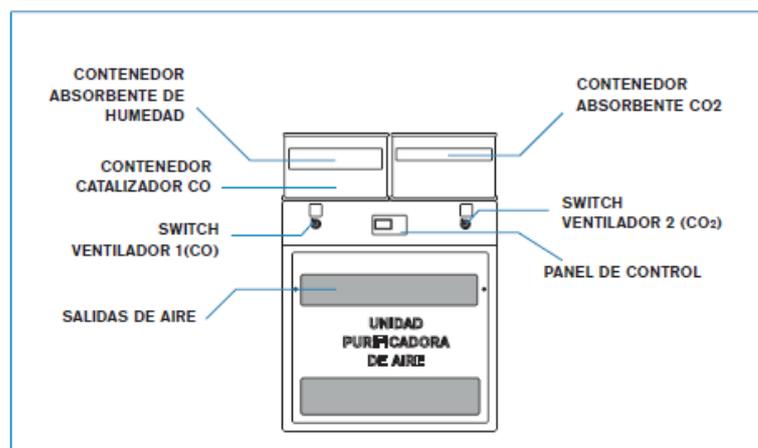
- Asegúrese que el contenedor cuenta con su filtro.
- Vierta lentamente el contenido de un bidón de Drägerorb 400 en el contenedor de manera homogénea.
- Encienda el interruptor del ventilador ubicado en frente del contenedor.
- Al cabo de 5 horas apague el interruptor del ventilador y repita el procedimiento desde el paso b.



## Procedimiento de uso de la Unidad REFUGE

La Unidad REFUGE® opera gracias a ventiladores que recirculan el aire al interior de la cámara del refugio. El aire circula a través de los productos químicos instalados en los contenedores y es liberado nuevamente al ambiente dentro de la cámara del refugio a través de los ductos de salida.

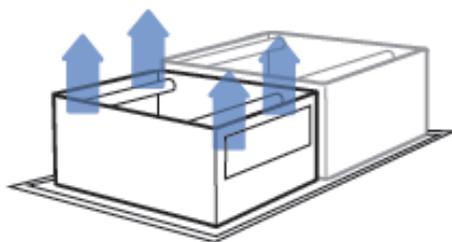
El aire será expulsado por ambas salidas ubicadas en el frente de la Unidad REFUGE®. El aire contenido en la estación del refugio está siendo procesado y se está eliminando el CO<sub>2</sub>, CO y humedad que contiene este.



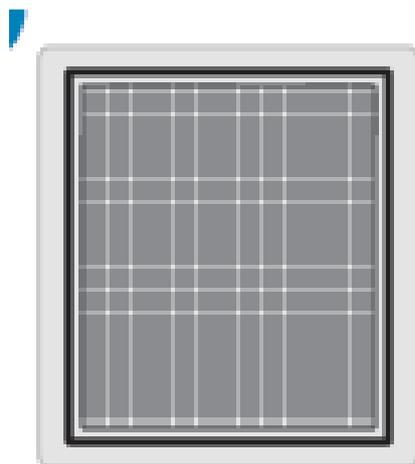
## Catalización de CO

Este procedimiento se debe realizar sólo si la concentración de monóxido de carbono (CO) indicada en el monitor de gases es superior a 40 ppm.

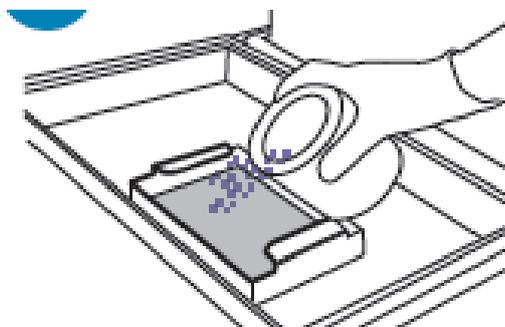
a. Levante el contenedor para el químico absorbente de humedad. Debajo de este se encuentra el contenedor para CO.



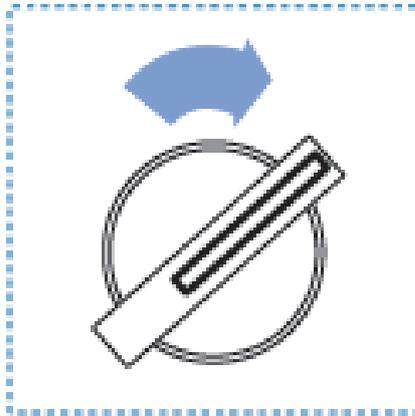
b. Asegúrese que el contenedor interior para el catalizador de CO posea el filtro en su interior.



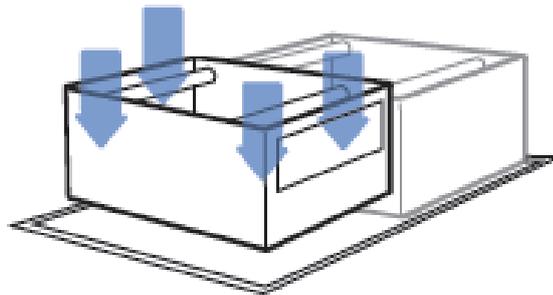
c. Vierta lentamente el contenido del frasco de Chamber Catalysis en el contenedor de manera homogénea.



d. Encienda el interruptor del ventilador ubicado en frente del contenedor.



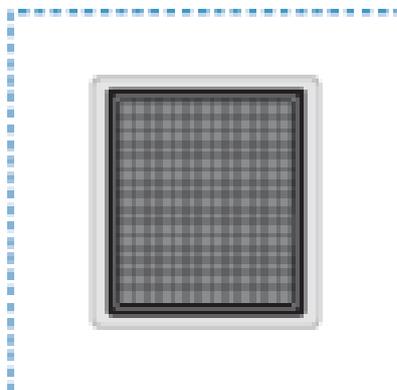
e. Reinstale el contenedor para absorbente de humedad en su lugar.



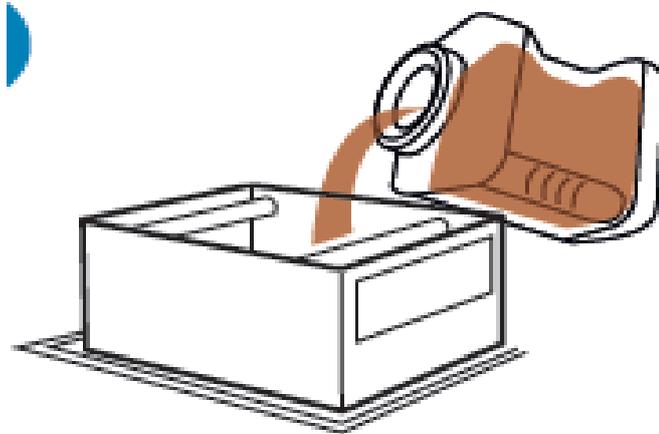
### **Absorción de Humedad.**

Este procedimiento se debe realizar sólo si la humedad es excesiva

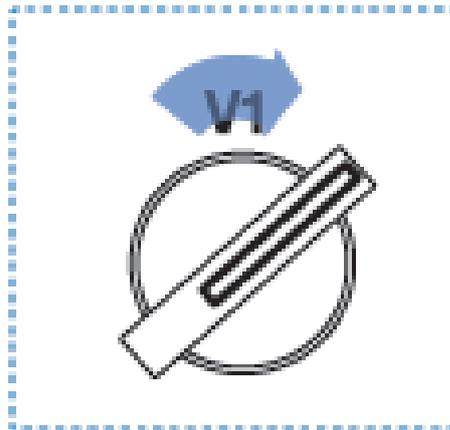
a. Asegúrese que el contenedor para el absorbente de humedad posea el filtro en su interior.



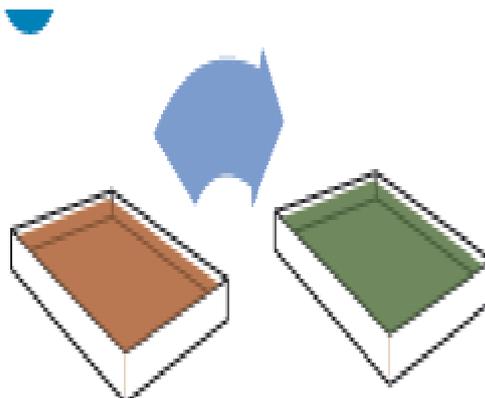
b. Vierta lentamente el contenido de un bidón de Sílice Gel en el contenedor de manera homogénea.



c. Encienda el interruptor del ventilador ubicado en frente del contenedor.



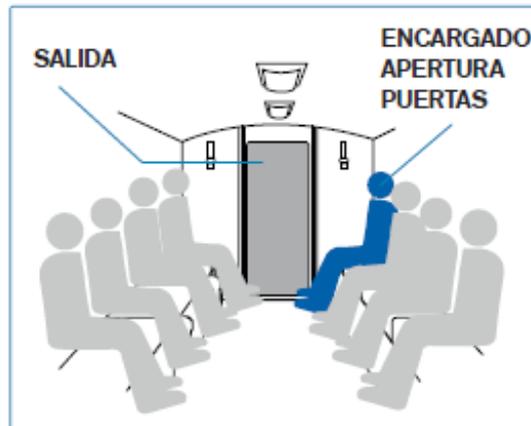
d. Cuando el químico absorbente de humedad cambie de color naranja a verde oscuro, apague el interruptor del ventilador.



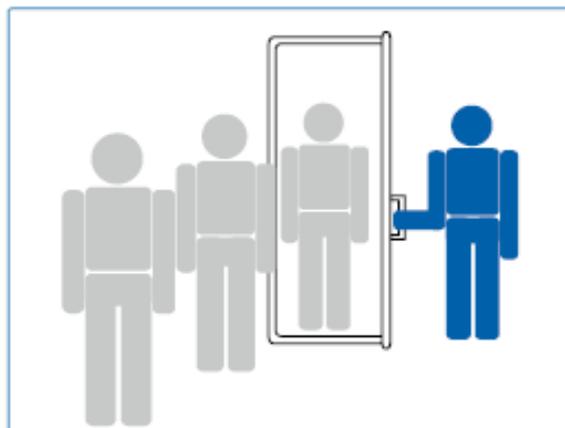
#### 4.3.4 EVACUACIÓN

El procedimiento de evacuación se inicia cuando la situación de emergencia haya sido controlada y el líder de cuadrilla de la orden de evacuación del refugio:

a. La evacuación del refugio se realiza por la misma puerta de acceso al refugio.



b. La persona más cercana a la puerta deberá iniciar el proceso de salida, abriendo ambas puertas del refugio (pre-cámara y puerta principal).

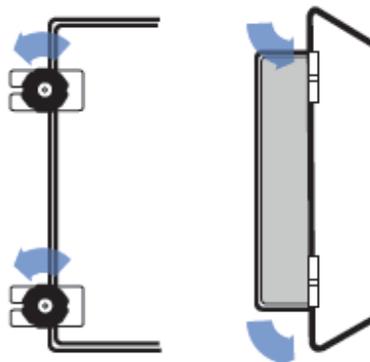


c. La persona encargada de la apertura de las puertas será el último en salir, asegurando de mantener las puertas abiertas y despejadas, además de corroborar la salida de todos los ocupantes del ChamberREF®.

#### 4.3.5 Evacuación de emergencia.

El procedimiento de evacuación de emergencia del refugio sólo se debe realizar en caso que la salida principal haya sido bloqueada por algún elemento y no pueda realizarse una evacuación normal cuando el líder de cuadrilla lo indique.

- a. La evacuación de emergencia debe realizarse por la escotilla de escape ubicada en el muro izquierdo, al fondo del refugio.
- b. El ocupante sentado bajo la escotilla deberá desbloquear y mantener la escotilla abierta, hasta que uno a uno, el resto de los ocupantes hayan evacuado el refugio.
- c. Realice la evacuación de emergencia con calma y respetando el turno de los demás ocupantes, siendo los más cercanos a la salida, los primeros en salir. De este modo se previenen accidentes producto de un atoramiento de personas.



#### 4.3.6 SITUACIONES EXTREMAS.

La información incluida en esta sección ha sido elaborada para ayudarlo en caso de una emergencia, al plantear situaciones que no

fueron previstas cuando la estación de refugio fue diseñada, planificada y construida.

Estas situaciones pueden ser manejadas al hacer funcionar la Unidad REFUGE® o por acciones determinadas que pueden realizar las personas al interior del refugio, esto puede mejorar las posibilidades de supervivencia, en lo que, a falta de oxígeno, o saturación de CO2 se refiere. Este tipo de situaciones pueden separarse en dos categorías:

### 1. Del flujo de oxígeno.

CONSUMO DE OXIGENO EN CONDICIONES EXTREMAS	
Nº adicional de personas	Flujo de oxígeno adicional requerido (Lt/min)
1	0,3
2	0,6
3	0,9
4	1,2
5	1,5
6	1,8
7	2,1
8	2,4
9	2,7
10	3,0

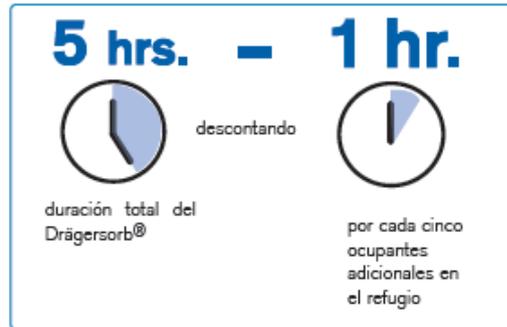
Esta tabla indica el flujo de oxígeno requerido por cada ocupante adicional a la capacidad máxima del refugio. Ejemplo: En el caso de haber 30 personas al interior del refugio, el flujo de oxígeno será el siguiente:

- Flujo en condiciones normales (20 personas) + flujo en condiciones extremas (10 personas adicionales)  $10 \text{ lt/min} + 3 \text{ lt/min} = 13 \text{ lt/min}$

Por lo tanto, el flujo del cilindro de oxígeno activo deberá ajustarse a 13 Litros por minuto.

### 2. Del cambio de absorbente químico.

Por cada cinco (5) personas sobre la capacidad del refugio que están ocupando la estación de refugio con la Unidad REFUGE®, se deberá acortar en una hora el cambio del absorbente químico estipulado anteriormente. (Por ejemplo: 25 personas reducen en una hora la duración del absorbente. 30 personas lo harán en dos horas, etc.)



Al momento de cambiar el absorbente químico se debe tener disponible producto químico fresco, sin uso. Sin embargo, si toda la provisión de absorbente químico ha sido usada y corresponde un nuevo cambio, no se desespere, ya que existe un rango de seguridad en la capacidad de absorción en cada bandeja con absorbente.

Como resultado de estar confinado en un recinto herméticamente sellado por un largo periodo de tiempo, la temperatura y la humedad habrán subido en algún nivel. Aunque esto es incómodo, esta condición puede aumentar notoriamente la capacidad del producto químico para absorber CO<sub>2</sub>, por lo tanto, ser una situación a su favor, en el caso de que el rescate se demore. Esta capacidad adicional de absorber del producto químico como resultado del aumento de la temperatura es difícil de calcular.

Un síntoma temprano de una elevada concentración de dióxido de carbono al interior de la estacione de refugio, es el experimentar un leve dolor de cabeza. Aunque no es mortal, esta situación nos indica que el nivel de CO<sub>2</sub> contenido en el aire es elevado.

La condición física de los ocupantes dentro del refugio serpa una guía para determinar cuándo sacar los últimos contenedores de absorbente químico y reemplazarlos por los dos originales que se encuentran con absorbente químico utilizado. Cada 30 minutos o menos chequear el estado de los ocupantes para comprobar si hay dolores de cabeza.

Si hay consenso que hay un dolor de cabeza persistente en los ocupantes, esto indica que e absorbente químico que hay en la central de aire de la Unidad REFUGE® está agotado, y su capacidad para eliminar el CO<sub>2</sub> es mínima. Si esto ocurre, debe apagar el ventilador

que corresponda, sacar el contenedor con químico y reemplazar el absorbente químico de CO<sub>2</sub>.

No es posible determinar el tiempo que el absorbente químico que está siendo reutilizado seguirá siendo efectivo, por lo que como usted se sienta, será la única forma de saber si el absorbente está definitivamente agotado.

3. En caso que todos los cilindros de oxígeno hayan sido agotados

a. Asegúrese que todas las válvulas de los cilindros se encuentren abiertas.

b. Si hay una válvula cerrada, asegúrese que este bien conectada al cilindro de oxígeno y lentamente abra la válvula. Esto presuriza el sistema.

c. Revise que el regulador de flujo de oxígeno este ajustado de acuerdo a la cantidad de personas que se encuentran utilizando la estación de refugio.

d. La cantidad de oxígeno consumido por cada respiración es directamente afectada por el nivel de actividad que mantienen los usuarios de la estación de refugio.

4. Pauta para resolver problemas:

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE	ACCIÓN A SEGUIR
No hay flujo de aire	<i>Ventiladores apagados</i>	<i>Encender ventiladores</i>
El flujo de aire desde los ventiladores es muy reducido	<i>Las baterías están perdiendo la carga</i>	<i>Continúe operando el equipo. Las baterías pueden ser recargadas sólo si se cuenta con energía de 220V, y si se recargan automáticamente</i>
Dolores de cabeza	<p><i>A. El aire que hay en el refugio no está pasando por el absorbente químico, por lo que la concentración de CO<sub>2</sub> es alta.</i></p> <p><i>B. El absorbente químico está completamente saturado con CO<sub>2</sub></i></p>	<p><i>A. La empaquetadura de goma en el fondo de las bandejas no está sellando bien contra el receptáculo negro. Limpiar y volver a colocar las bandejas.</i></p> <p><i>B. Reemplazar el absorbente químico siguiendo las instrucciones de este manual.</i></p>
Flujo de oxígeno es reducido (o está detenido)	<p><i>A. La válvula de ajuste del regulador ha sido cerrada.</i></p> <p><i>B. Las válvulas de los cilindros de oxígeno están cerradas.</i></p> <p><i>C. Los cilindros de oxígeno están vacíos</i></p>	<p><i>A. Abrir la válvula y ajustar el flujo según la tabla establecida</i></p> <p><i>B. Lentamente abrir las válvulas de cada cilindro</i></p> <p><i>C. Si hay mas cilindros disponibles agregar un cilindro siguiendo las instrucciones descritas</i></p>

#### **4.3.7 REQUISITOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD DE LAS ESTACIONES DE REFUGIO PARA CASOS DE SINIESTROS.**

##### **1. ESTUDIO DE RIESGOS.**

El número y ubicación de las estaciones de refugio debe ser determinado de acuerdo a un estudio de riesgos elaborado por el titular de actividad minera.

Para la ubicación de las estaciones de refugio, se debe considerar, entre otros, lo siguiente:

- Se determina en función del avance de los frentes de trabajo y a una distancia no mayor a 500 metros de dichos frentes.
- Los accesos a zonas afectadas por la explotación minera (cota inferior de operación).
- Las condiciones del terreno a la actividad sísmica y otras contingencias.
- El agua existente en la mina y las fuentes potenciales de agua cercanas.
- Planos de ubicación actualizados en coordenadas UTM WGS 84.

##### **2. CONDICIONES FÍSICAS.**

###### **2.1 Para refugios construidos en excavación en roca.**

- Excavación en roca competente con adecuada resistencia ( $RMR > 60$ ).
- Sostenimiento adecuado para rocas con calificación  $RMR < 60$ .
- Capacidad mínima: El área no debe ser menor a 1.5 m<sup>2</sup>/persona.
- Chimenea de ventilación o taladro de 6" de diámetro con comunicación a niveles superiores, los que a su vez deben estar comunicados a superficie.

## **2.2 Para refugios móviles.**

- Excavación en roca competente con adecuada resistencia (RMR>60).
- Sostenimiento adecuado para rocas con calificación RMR<60.
- Chimenea de ventilación o taladro de 6" de diámetro con comunicación a niveles superiores, los que a su vez deben estar comunicados a superficie.
- Ubicación en una zona libre de tránsito de vehículos, con el propósito de evitar un impacto que le origine daños.
- Área lateral al refugio libre de obstáculos que permita el acceso del personal de mantenimiento a los bancos de baterías y/o otros equipos propios del refugio.
- Capacidad mínima: El área no debe ser menor a 1.5 m<sup>2</sup>/persona.

## **3. SERVICIOS.**

### **3.1 Para refugios contruidos en excavación en roca.**

- Línea independiente de aire comprimido (aire respirable).
- Línea independiente de agua potable, de acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N° 031- 2010-SA.
- Además, debe contar con un stock mínimo de agua potable para 5 días de acuerdo al aforo.
- Línea de comunicación al exterior.
- Iluminación eléctrica.
- Servicios higiénicos químicos.
- Servicios de respaldo de energía.

- Las instalaciones eléctricas deben cumplir con el Código Nacional de Electricidad.

### **3.2 Para refugios móviles.**

- Suministro permanente y constante de aire comprimido (aire respirable).
- Suministro eléctrico permanente que se garantiza de acuerdo a las especificaciones de diseño del fabricante del refugio.
- Línea de comunicación al exterior.
- Contar con un stock mínimo de agua potable para 5 días de acuerdo al aforo.

## **4. ACCESOS Y SEÑALIZACIÓN.**

4.1 Las rutas que conduzcan a los refugios deben ser de fácil acceso, incluso para vehículos. Estas rutas deben estar señalizadas.

4.2 Luz estroboscópica y sirena colocadas cerca de la puerta del refugio que faciliten su localización en condiciones de humo o limitada visibilidad.

## **5. CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

5.1 Paredes y techo sin filtraciones de agua.

5.2 Piso liso e incombustible.

5.3 Puertas con cierre hermético.

5.4 Puerta de escape auxiliar.

## **6. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.**

### **6.1 Para refugios construidos en excavación en roca.**

- Dos (2) camillas tipo canastilla o similar.
- Un (1) botiquín de primeros auxilios.
- Auto rescatador de acuerdo al aforo del refugio.
- Dos (2) botellas de oxígeno con mascarilla.
- Dos extintores de polvo químico seco de 12 Kg.
- Un cargador de lámparas portátiles/linternas (baterías adicionales).
- Frazadas de acuerdo al aforo.
- Sillas o bancas de acuerdo al aforo.
- Herramientas manuales: dos (2) lampas, dos (2) picos, dos (2) barretillas, dos (2) martillos, entre otros.

### **6.2 Para refugios móviles.**

Las que correspondan al diseño del fabricante. Sin perjuicio de ello, deben contar con:

- Un (1) botiquín de primeros auxilios.
- Un cargador de lámparas portátiles/linternas (baterías adicionales).

## **7. RESERVAS DE ALIMENTOS.**

7.1 Alimentos no perecibles, por un tiempo mínimo de 5 días de acuerdo al aforo.

7.2 Los alimentos deben contar con una descripción de su composición y fecha de vencimiento. Asimismo, se debe contar con instrucciones

respecto a la cantidad asignada de alimentos para cada persona por día, con énfasis en la importancia del racionamiento de los alimentos.

## **8. OTROS.**

8.1 Manuales explicativos para auxiliar a lesionados y recomendaciones para manejar el estrés por calor.

8.2 Las estaciones de refugios sólo deben usarse para caso de emergencias. No deben ser usados como comedor, almacén y otros.

8.3 Papel y lapiceros.

## **9. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO.**

9.1 Inspección y mantenimiento trimestral del refugio para asegurar su funcionalidad.

9.2 Designar un (1) responsable de la inspección y mantenimiento de los refugios (Indicar de manera expresa el nombre y cargo del responsable).

## **10. PRUEBAS**

10.1 Cuando el refugio se instala por primera vez debe hacerse una prueba en vacío para verificar su hermeticidad.

10.2 Prueba de los sistemas alternos de servicios (electricidad, iluminación, etc.).

10.3 Realizar una auditoría completa anualmente.

10.4 Si es un refugio movable realizar una prueba completa luego de cada reubicación y cada 6 meses.

## CONCLUSIONES

1. Considerando los frentes de trabajo, en la sección V - VII, que son las labores con mayor profundidad se establece la ubicación del refugio minero, en el NV - 4100, RP - 639, VN639\_10. Conformada por areniscas siliificada RMR= 45-50, IIIB GSI: MF/R.
2. En base a la evaluación de riesgos se determina que la FACTIBILIDAD del refugio minero es ACEPTABLE, debido a que presenta una calificación de riesgo BAJO.
3. Los parámetros descritos aseguran las condiciones de operatividad y efectividad del refugio minero en caso de siniestro.
4. De acuerdo a la normativa legal vigente se debe designar una persona responsable que gestione la inspección y realice mantenimiento periódico necesario; además realizar auditorías anuales posteriormente a la implementación del refugio minero, a fin de garantizar su funcionalidad.
5. El Abaco de sostenimiento de Barton y Grimstad (1993), recomienda sostenimiento con Shotcrete sin Fibra 2"-3" + Pernos. Pero por ser una labor permanente y su función será refugio contra siniestros; se recomienda instalar malla electrosoldada 4"x4" + Pernos Helicoidales de 7ft sistemáticos y finalmente un recubrimiento con Shotcrete de 2"-3".
6. Los Factores de Seguridad y los desplazamientos son indicadores de estabilidad referenciales; puesto que labores por debajo de los 500m; las condiciones son variables en función al lapso del tiempo e influencia de minado cercano.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar el Refugio Minero del NV – 4100, RP – 639, VN639\_10.
2. Considerando el dinamismo de las operaciones y conforme a los avances proyectados, se debe realizar una evaluación periódica de la reubicación del refugio minero.
3. Considerando el planeamiento a largo plazo, de nuestras operaciones mineras; se debe evaluar que se incremente la cantidad de refugios mineros.
4. Se recomienda construir muros de concreto en el pilar entre la VN639\_10 y VN639\_08. Ya que con factores influyentes de esfuerzos máximos variables y/o esfuerzos inducidos por tajeos –SLS- cercanos debilitarían el pilar.
5. Del modelamiento numérico con el Software “Phases”, se tienen esfuerzos máximos verticales de 39 MPa; lo que genera Factores de Competencia de 3.58 (Resistencia. Comp. Roca / Esfuerzo. Max vertical =  $140 / 39$ ), se tendría problemas de relajamiento de roca en los contornos de la excavación, por lo que se debe aplicar algún tipo de sostenimiento.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria Ley N° 30222.
2. D.S. N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria D.S. N°006-2014-TR.
3. D.S. N° 023-2017-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
4. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos. “Metodología de la investigación”. Cuarta edición McGraw Hill México, abril del 2006.
5. López Jimeno. “Manual de túneles y obras subterráneas. Varios. Ed. López Jimeno. 1997.
6. 2002 Sociedad Nacional de Minería Santiago de Chile, Guía de las Buenas Prácticas, en Seguridad Minera en la Pequeña Minería
7. FERNANDO ELÍAS COPAIRA ORTIZ, “CRITERIOS RELEVANTES PARA IMPLEMENTAR REFUGIOS MINEROS SUBTERRÁNEOS, PROBLEMÁTICA Y CUMPLIMIENTO LEGAL”.
8. Carlos Eduardo González Barros, Universidad de Chile  
Facultad de Economía y Negocios  
Escuela de Economía y Administración, DINÁMICA DE SOBREVIVENCIA DE GRUPO DE TRABAJADORES MINEROS EN SITUACIÓN DE ENCIERRO.

9. Drager – SIMSA, Chamber REF. ESTACIONES DE REFUGIO.
10. G. Shelter, Refugio Minero, INDURA GRUPO AIR PRODUCTS.

# **ANEXOS**

## REFUGIOS FIJOS PREVENTIVOS

Accesorios para emergencias.



Preparación de cámara para refugio.



## IMPLEMENTACION DE ACCESORIOS PARA REFUGIO





## REFUGIO MINERO FIJO NIVEL 2700



## COMUNICACIÓN PARA EMERGENCIAS



**ELEMENTOS PARA RESCATE EN ALTURA**



## TIPOS DE REFUGIOS MINEROS MOVILES

