



**Universidad Andina Simón Bolívar**

**“Educación Virtual”**



**Universidad Técnica de Oruro**

**Dirección de Postgrado  
e Investigación Científica**

**CURSO DE MAESTRÍA (ESPECIALIDAD) EN**

**“ INGENIERÍA AMBIENTAL MINERA”**

**“Gestión Ambiental en la Operación  
Subterránea de Mina Poopó”**

**UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR**

**SEDE CENTRAL**

**Sucre-Bolivia**

**Tesis presentada para obtener el Grado  
Académico de Magister (Especialista) en  
“INGENIERÍA AMBIENTAL MINERA”**

**ALUMNO: Wiston Danilo Medrano Escalante**

(Oruro - Bolivia)

(2009)

# **Agradecimiento**

**Mi sincero agradecimiento a UASB y UTO por motivar al profesional a poder superarse, también a mis docentes, la coordinadora, uno especial a mi tutor quien me ayudo para que este trabajo se haga realidad.**

**Quiero también referirme a mi esposa e hijas por apoyarme a culminar otra etapa en mi vida profesional.**

# INDICE

## RESUMEN

1.- INTRODUCCION	1
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	2
1.2.- JUSTIFICACION	3
2.- OBJETIVO GENERAL	5
3.- OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
4.- PREGUNTAS DE INVESTIGACION	6
5.- MARCO TEÓRICO	9
5.1.- AMBIENTE MINERO	9
5.2.- TRABAJOS OPERATIVOS	9
5.3.- DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE FÍSICO	11
5.3.1 LOCALIZACIÓN Y TOPOGRAFIA SUPERFICIAL	11
5.3.2 CLIMA Y METEREOLIGIA	12
5.3.3 CALIDAD DEL AIRE	12
5.3.4 GEOLOGIA	13
5.3.4.1.- MINERALOGIA Y ALTERACIONES	14
5.3.5 AGUAS SUBTERRANEA	16
5.4.- ASPECTOS AMBIENTALES SUB TERRANEOS	18
5.5 ANALISIS DE RIESGO PARA DETERMINAR ASPECTOS CRÍTICOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN ESTUDIO	21
6.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	24
7. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	27

8.- ANALISIS DEL TEMA DE INVESTIGACION	30
8.1.- ANALISIS DEL MACIZO ROCOSO	30
8.1.1. CRONOLOGIA DEL PROYECTO	30
8.1.1.1 VETA POOPO	33
8.1.1.2 VETA NUEVA	33
8.1.2 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	34
8.1.2.1 CRITERIOS DE APLICABILIDAD	34
8.1.2.2 OPEN STOPE (Rajo Abierto)	36
8.1.2.2.3 CONDICIONES DEL DISEÑO	36
8.1.2.3 APLICACIÓN DEL METODO	37
8.1.3. EJECUSION DE TRABAJOS	39
8.1.4 ANALISIS DEL DESARROLLO HORIZONTAL E INCLINADO	41
8.1.5 ABERTURA MAXIMA DE LA EXCAVACION (Infraestructura)	45
8.1.6 TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO	47
8.1.7 SOSTENIMIENTO PERMANENTE	48
8.1.8 SOSTENIMEINTO PERMANENTE DE LA PARED	49
8.1.9 SOSTENIMIENTO EN EXPLOTACION	51
8.2 ANALISIS DE LA COMPOSICION DEL AIRE	52
8.2.1 MONOXIDO DE CARBONO CO	56
8.2.2 DIOXIDO DE CARBONO CO2	56
8.2.3. OXIDOS NITROSOS NO, NOx y OTROS	57
8.2.4 EMISIONES DE GASES	57
8.2.5. GASES PRODUCIDOS POR EQUIPOS DIESEL	60
8.3. ANALISIS DEL RUIDO	63
8.3.1 MATRIZ DE DETERMINACION DEL RUIDO (MINA POOPO)	64
8.3.2. PARTICULARIDADES DEL RUIDO EN ABERTURAS SUB TERRANEAS	66
8.3.3 CALCULO TEORICO DEL RUIDO PARA EQUIPOS MINA	69

8.4 ANALISIS DE ILUMINACION SUBTERRANEA	72
8.5 ANALISIS DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN MINA POOPO	73
8.6 ANALISIS DEL POLVO	75
8.7.- REQUERIMIENTO DE AIRE EN INTERIOR MINA	78
8.7.1.- CAUDAL REQUERIDO POR EL NUMERO DE PERSONAS	79
8.7.2.- CAUDAL REQUERIDO POR EL DESPRENDIMIENTO DE GASES SEGÚN NORMA CHILENA	79
8.7.3.- CAUDAL REQUERIDO POR TEMPERATURA	80
8.7.4.- CAUDAL REQUERIDO POR EL POLVO EN SUSPENSIÓN	80
8.7.5.- CAUDAL REQUERIDO POR LA PRODUCCION	81
8.7.6.- CAUDAL REQUERIDO POR CONSUMO DE EXPLOSIVO	82
8.7.7.- CAUDAL REQUERIDO POR EQUIPO DIESEL	83
8.8.- VENTILACION	84
8.8.1 MEJORAS EN VENTILACION	85
8.9.- ANALISIS DEL AGUA EN INTERIOR MINA	87
9.- INTERPRETACION DE RESULTADOS Y ANALISIS	91
9.1. MACIZO ROCOSO	94
9.1.2 SOLUCIONES PREVISTAS (RELLENO)	95
9.1.3.- DETERMINACION DEL APORTE DE CAJA	98
9.1.4.- DISEÑOS DE RELLENO PARA RAJOS OPEN STOPE	99
9.1.5.- TIPOS DE SOSTENIMIENTO	101
9.1.6.- SOLUCIONES	103
9.2.- GASES	105
9.3.- RUIDO	106
9.4.- ILUMINACION	107

9.5.- TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA MINA	107
9.6.- POLVO	108
9.7.- AIRE	109
9.8.- VENTILACION	109
9.9.- AGUA	110
10.- CONCLUSIONES	112
11.- RECOMENDACIONES	113
13.- BIBLIOGRAFIA	115
DETALLE DE FIGURAS	117
DETALLE DE TABLAS	119
VOCABULARIO	121
ANEXOS	123



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, surgió como consecuencia de las bajas cotizaciones que sufrieron los minerales en la gestiones 2007 a 2008, que afectó profundamente a los costos operativos en centro minero Poopó.

Motivo por el cual se empezó a analizar diferentes temas vinculados a la mejora de la productividad, de los cuales se priorizó el problema de mayor impacto en la producción y prevención ambiental en interior mina.

Para este estudio se realizó el análisis de diferentes aspectos ambientales como la temperatura, humedad, ruido, iluminación, gases, polvo, ventilación, agua y material estéril (roca sin valor); en principio se hizo la toma de datos a través de mediciones para cada aspecto ambiental en los diferentes lugares de trabajo de interior mina.

Estos datos obtenidos se analizó mediante cálculos estadísticos, analíticos, y comparativos; tomando en cuenta los límites máximos permisibles de los aspectos ambientales en estudio.

En estos análisis se observan desviaciones de datos que influyen de manera directa en el rendimiento de los trabajadores, por ejemplo la **temperatura y humedad** ocasionan bastante fatiga disminuyendo su energía en el trabajo; el **ruido** provoca estrés nervioso, la **iluminación** hace que no se detecten los peligros como caída de roca, lentitud en el cumplimiento de obligaciones; **los gases y polvo** dificultan la respiración normal que en muchos

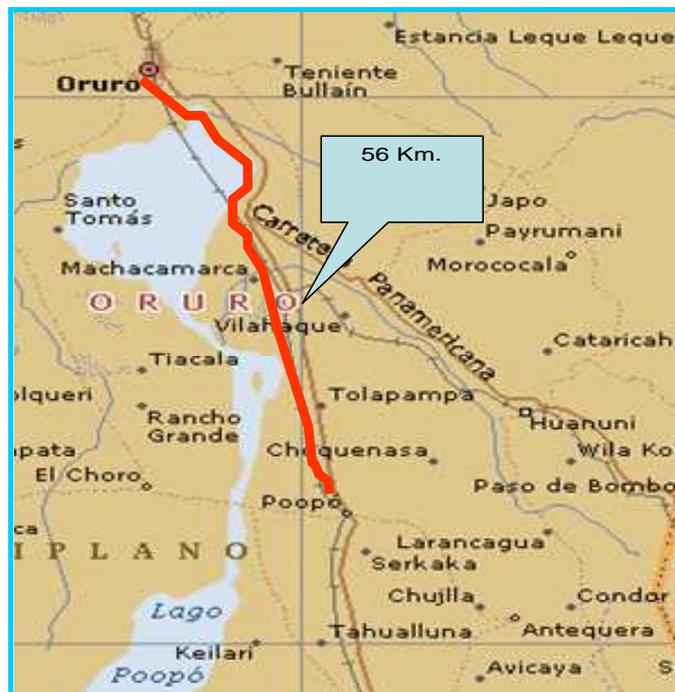
casos provocan pérdidas humanas; la falta de **ventilación** ocasiona la concentración de gases, y eleva las temperaturas provocando problemas de seguridad en los trabajadores; el **agua y material estéril** provocan costos adicionales operativos.

Para dar solución a estos aspectos ambientales se plantea y aplica varias estrategias en cada caso, como la mejora de **ventilación subterránea**.

Los trabajos en interior mina son dinámicos, por ello la mejora es continua.

## 1.- INTRODUCCION

El yacimiento polimetálico de Poopó se encuentra ubicado en el departamento de Oruro, a 56 km en dirección sud este desde la ciudad de Oruro. Este yacimiento comienza a operar en enero del 2005 con trabajos de rehabilitación en su único nivel (Pampa Rosario).



**Figura No1 Ubicación Mina Poopó (Sinchi Wayra, 2005)**

La etapa de preparación de la mina comienza el 2006 con el desarrollo de la infraestructura, inicialmente la mina de Poopó tenía una producción de 5000 t/mes, posteriormente fue mejorando hasta alcanzar 10000 t/mes. En esta etapa de mejora se detectan dificultades en la productividad debido a diferentes aspectos ambientales en interior mina.

Detectado las dificultades se pretende mejorar la producción otorgándoles mejores condiciones de trabajo en interior mina.

En el presente trabajo de investigación se plantea el siguiente problema:

### 1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

La mina Poopó al principio contaba con 100 trabajadores en interior mina, a consecuencia de la baja de las cotizaciones de los minerales se realizaron modificaciones en el sistema de trabajo donde fue inevitable la reducción del personal, contando actualmente con 60 trabajadores como fuerza laboral de producción. Con esta cantidad reducida de trabajadores se pretende producir 10000 t/mes para poder mantener un equilibrio de costos.

En el presente estudio se realizará un análisis de los aspectos ambientales de interior mina para luego aplicar diferentes estrategias metodológicas que conduzcan a la mejora de la productividad de 4 T/HM a 7 T/HM para alcanzar las metas establecidas.

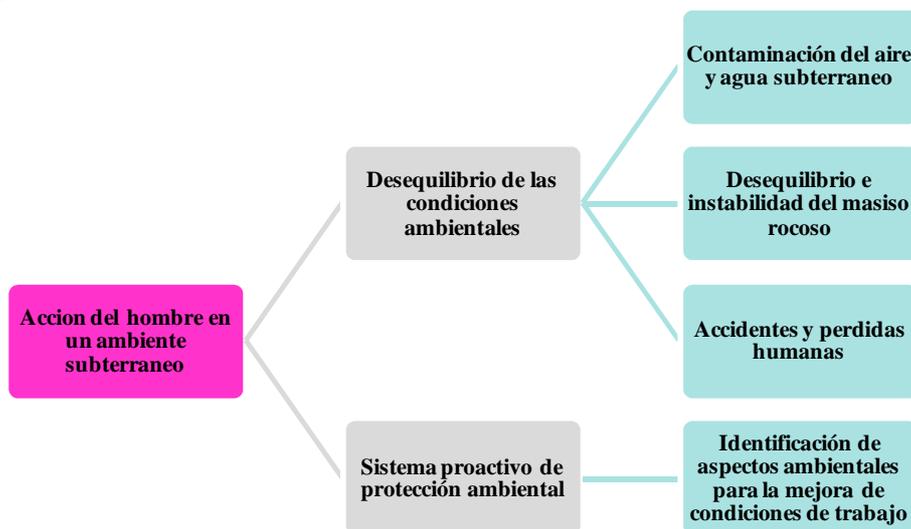


Figura No 2 ISO 14001 Gestión ambiental subterráneo

Con la finalidad de prever un mejor rendimiento de los trabajadores se hace necesario encarar la planificación de la mina tomando en cuenta la prevención ambiental en interior mina para dar condiciones de trabajo adecuados a cada actividad de producción y servicios.

Para ello se hace un análisis ambiental de los siguientes aspectos:

- Problemas en el macizo rocoso por mala calidad de la roca
- Generación de ruido producto de la perforación, transporte y equipos menores.
- Generación de Polvo producto de la voladura y transporte
- Mala visibilidad en las diferentes labores subterráneas
- Generación de gases producto de la voladura y transporte de equipos trackles.
- Temperaturas y humedad del ambiente, generando bajo rendimiento debido a la presencia de lugares calientes provenientes del agua termal y desprendimiento de calor por la oxidación de la pirita.
- Generación de DAR por infiltraciones de agua de roca y agua estancada de perforación (lugares abandonados)

## **1.2.- JUSTIFICACION**

De acuerdo a la planificación en la mina Poopó se realiza desarrollos en veta en los niveles principales y en los sub niveles, las cuales tienen desarrollados las contra galerías en los niveles principales y la rampa de acceso.

Estos desarrollos se ejecutan según lo programado, actualmente se continua profundizando los trabajos por debajo del nivel -120 y la explotación comienza en el nivel – 50, dado esta forma de trabajo los sub niveles y niveles donde no

se realiza actividades, presenta sectores con bastante agua acumulada proveniente de la perforación e infiltración de aguas fluviales y termales en el yacimiento.

El agua acumulado origina la generación de DAR en cantidades apreciables en distintos lugares, los cuales provocan dificultades en el bombeo como también en la planta de tratamiento de agua ubicada a 160 m. por encima del nivel Pampa Rosario: por lo tanto se pretende hacer un análisis de cantidades de aporte de agua en la perforación e infiltraciones así buscar soluciones para evitar acumulaciones de agua en los desarrollos.

Los gases que son generados por los trabajos de equipos de trackles y la voladura en las diferentes labores, deben ser diluidos para no tener parámetros que sobre pasen los límites permisibles particularmente en CO, CO<sub>2</sub> y gases nitrosos. Estos gases ocasionan la disminución de oxígeno influyendo de manera directa en el rendimiento de los trabajadores de interior mina.

La temperatura y la humedad relativa producida por efecto del agua termal y oxidación de la pirita es un factor que se debe controlar para evitar el cansancio prematuro de los trabajadores como el debilitamiento de las paredes y techos del yacimiento.

El control del ruido e iluminación debe regirse dentro del marco de los límites aceptables, para no ocasionar malestar visual y sonoro en las diferentes actividades que se realizan.

Por otra parte el material estéril que actualmente se extrae a superficie provoca mayor costo en la extracción y construcción de desmontes de caja por ello es importante hacer un análisis de tal forma que los residuos se queden en los rajos de interior mina.

En el presente trabajo de investigación se realizarán análisis del sistema de ventilación integral de la mina, comportamiento de los gases y temperatura, agua, ruido, iluminación y manejo de residuos sólidos tomando en cuenta parámetros óptimos de trabajo que influyan de manera positiva en la preservación del medio ambiente.

Generalizando se pretende controlar estos aspectos ambientales con un permanente monitoreo, dando soluciones a los mismos para que contribuyan en la mejora de la productividad reduciendo costos y obteniendo mejores resultados con un trabajo coordinado y planificado.

## **2.- OBJETIVO GENERAL**

En base a un diagnóstico en las diferentes actividades que se desarrollan en interior mina, se plantea el siguiente objetivo general:

**Estudiar técnicamente las mejoras que se realizarán en los aspectos ambientales, con la finalidad de realizar una prevención ambiental. Se tomará en cuenta: la estabilidad de rocas, calidad de aire, agua, control de ruidos, ventilación y manejo de material estéril; para de esta manera contribuir con rendimientos óptimos de los trabajadores incrementando la productividad de la mina para dar cumplimiento a las metas propuestas (10000 t/mes), como también disminuir posibles impactos ambientales en superficie.**

## **3.- OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un análisis de criticidad para determinar los principales efectos ambientales en interior mina.

- Determinar las técnicas para poder controlar la estabilidad del macizo rocoso tanto en infraestructura, desarrollo y explotación
- Disminuir el ruido y mejorar la iluminación
- Lograr un clima de mina adecuado referente a temperatura, humedad relativa y velocidad de flujo de aire
- Analizar la dilución de concentraciones de polvo, controlando la ventilación y regado de galerías
- Hacer un análisis minucioso de la contaminación del aire en interior mina principalmente por los gases producidos por la voladura y equipos trackles.
- Realizar un análisis de las infiltraciones y transporte de aguas fluviales y termales.
- Controlar la generación del DAR en aguas acumuladas.

#### **4.- PREGUNTAS DE INVESTIGACION**

**¿Qué metodología se aplicará para determinar la criticidad de los efectos ambientales?**

Se aplicará la metodología de análisis de riesgo donde se determinará los aspectos más críticos los cuales influyen en el rendimiento del trabajador.

**¿Cómo se logrará controlar la inestabilidad de las labores de preparación y explotación?**

Se realizarán análisis de control geomecánico para establecer el tipo de sostenimiento en las galerías de infraestructura, preparación y explotación de la mina, con la ayuda de cálculos formulados por diferentes autores y uso de software

### **¿Cuánto influye el ruido en el desempeño de los trabajadores?**

El ruido hace que la comunicación entre los trabajadores no sea el adecuado, además de provocar estrés y malestar cuando estos sobrepasan los límites máximos permisibles; se sugiere aberturas de emanación de ruidos y tipo de protecciones auditivas según análisis de cálculo

### **¿Es suficiente la iluminación que se tiene en las diferentes actividades en interior mina?**

Generalmente en lugares donde se tiene mucha temperatura e insuficiente ventilación la visibilidad es escasa donde no es posible realizar un trabajo adecuado para ello se realizará el análisis en las diferentes labores y ver la forma de tener mejor visibilidad en cada actividad

### **¿El efecto de los gases producto de la voladura y el equipo trackles afecta al rendimiento de los trabajadores?**

Los gases produce malestares que incluso puede llegar a tener consecuencias fatales si las concentraciones son altas, estos producen dolores de cabeza, malestar estomacal o simplemente no permiten el ingreso del personal a los lugares de trabajo para lo cual se analizará cálculos de valores permisibles y de esta manera poder disminuir la concentración de gases para tener un trabajo mas efectivo

### **¿Cuánto influye la temperatura, humedad relativa y velocidad de aire en el rendimiento de los trabajadores?**

En interior mina debido a la gran cantidad de pirita y aguas termales se tienen temperaturas elevadas con bastante humedad, estos aspectos hacen que el rendimiento del trabajador sea muy bajo principalmente por fatiga lo cual produce un cansancio rápido; para tal efecto se analizará la ventilación adecuada de los lugares de trabajo

**¿La ventilación en mina es suficiente para poder tener un ambiente adecuado de trabajo?**

Es muy importante tener en cuenta la ventilación principal, donde el ingreso de aire limpio sea lo suficiente para poder evacuar los aires viciados con la ayuda de la ventilación secundaria y de esta manera tener un aire adecuado de trabajo

**¿Qué impacto provoca las infiltraciones de agua y el consumo de agua en la perforación, especialmente cuando estos son alojados en lugares abandonados?**

Se debe controlar la generación del DAR antes que estos salgan a superficie, para esto se evitará el contacto oxígeno, sulfuros, agua; o finalmente se vera de tratar esta agua por separado en interior mina

**¿Cómo se produce el transporte de agua termal hacia las vetas a ser explotadas?**

Las aguas termales se transportan a través de fisuras y fallas hasta las vetas, y éstas al ser explotadas provocan descuelgue de esta agua a las aberturas realizadas, dado que éstas tienen un contenido muy elevado de sal lo cual corroe los equipos utilizados en interior mina, para esto se sugiere la reducción de cantidad de esta agua para evitar problemas de inestabilidad y deterioro prematuro de los equipos

**¿Cómo se puede evitar la extracción de material estéril (caja) a superficie?**

Un problema adicional en mina Poopó es la acumulación de material estéril en superficie dando lugar a tener costos elevados (transporte y preparado de lugares de acumulación de material estéril), para ello se sugiere que el material se transporte a los rajos explotados.

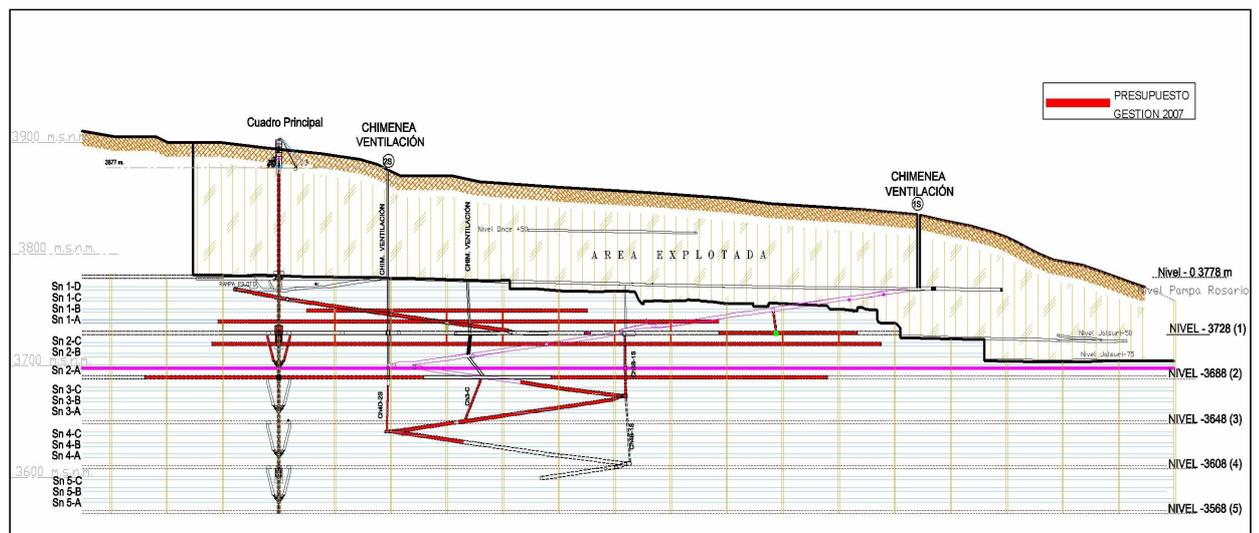
## 5.- MARCO TEÓRICO

### 5.1.- AMBIENTE MINERO

En mina Poopó se observa diferentes aspectos ambientales las cuales generan rendimientos bajos mas aun cuando las aberturas de infraestructura, preparación y explotación profundizan llegando a tener temperaturas elevadas con bastante humedad relativa, actualmente el nivel mas profundo se encuentra a 130 mts por debajo de Pampa Rosario, este nivel a la vez está 140 mts en promedio por debajo de la superficie del cerro.

El plan de minado realizado para la mina Poopó se refiere a un trabajo con trackles, con el desarrollo de rampas y contra galerías con aberturas de 3 m x 3 m, subniveles y desarrollos con aberturas de 2.3 m x 2.7 m, chimeneas de ventilación de 2m x 2m, chimeneas de producción de 1.5m x 1.5m y los rajos open stope de 20 m x 10 m. Estos trabajos se realizaran en un 70% en forma convencional y 30 % mecanizado principalmente en la infraestructura de la mina. La explotación misma del yacimiento no se podrá mecanizar por tener mucha dificultad en el trabajo operativo por presentar una inclinación crítica de la veta a explotar.

### 5.2.- TRABAJOS OPERATIVOS



**Figura No3 Esquema de trabajo mina Poopó**

### ➤ **CORRIDA**

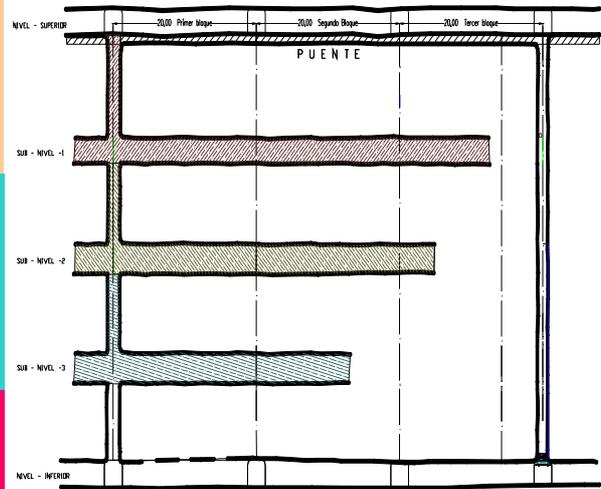
- ✓ *Esta es la primera labor de preparación, que se realiza con el fin de reconocer la estructura mineralizada.*
- ✓ *Esta galería servirá en la etapa de producción.*
- ✓ *La sección de esta labor es de 2.30\* 2.70 m.*

### ➤ **SUB NIVELES**

- ✓ *Son galerías secundarias que servirán para la futura explotación del bloque.*
- ✓ *La sección de estas galerías son de 2.30\* 2.70 m.*

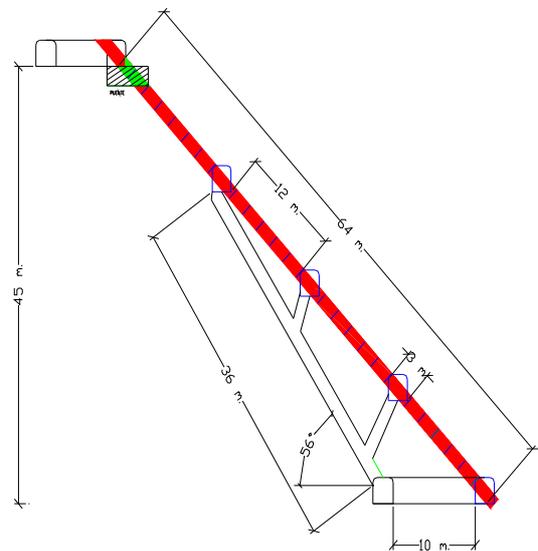
### **CHIMENEAS A SUB NIVELES**

*Las chimeneas cortas deben ser de nivel a sub nivel.  
La sección de estas chimeneas son de 1.50\* 1.50 m.*

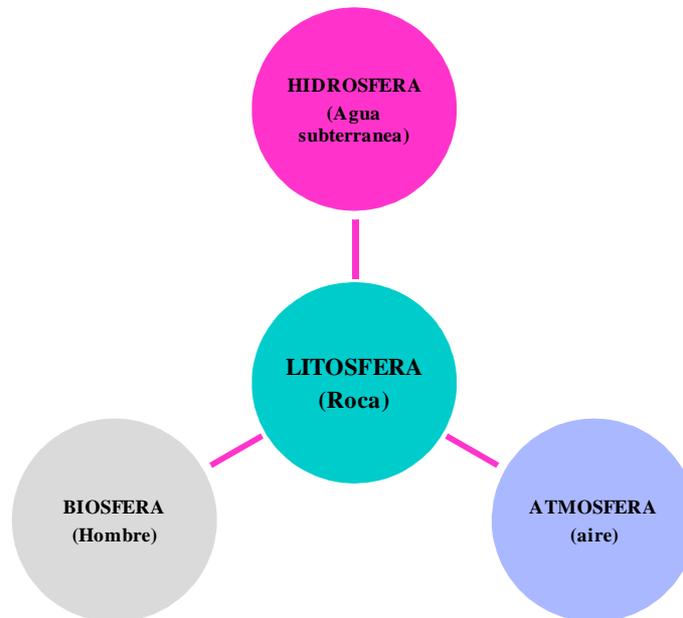


### ❖ **CHIMENEAS ORE PASS**

- ✳ *Las chimeneas ore pass debe se realizaran en cada sub nivel con una seccion de 1.5 \* 1.5 m. las cuales estaran ubicadas cada 180 m.*
- ✳ *En estas chimeneas son construidos los buzones chinos.*



Para realizar los trabajos de infraestructura y explotación en una mina subterránea se hace inevitable la existencia de una interacción entre el hombre-roca-agua y aire:



**Figura No 4 Estudio de impacto ambiental subterráneo (Dinis da Gama.,2000)**

La caracterización del medio ambiente tiene la finalidad de definir la condición pre operacional que permitirá determinar las alteraciones que provocan la realización de un proyecto como base inicial.

**5.3.- DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE FÍSICO.-** Según (Vidal Felix Navarro Torrez, 2005) se tiene:

### **5.3.1 LOCALIZACIÓN Y TOPOGRAFIA SUPERFICIAL**

Se debe considerar información necesaria de superficie para localizar un proyecto y definir la posible influencia de la topografía en los factores ambientales subterráneos con el medio ambiente próximo exterior.

### 5.3.2 CLIMA Y METEOROLOGÍA

La información del clima y meteorología del proyecto es importante para determinar el impacto ambiental subterráneo y está relacionada con el medio físico y con el aire presente en la atmósfera subterránea debido a que estos factores influyen en su temperatura, velocidad y caudal.



**Figura No 5** *Informaciones del clima y meteorología del área del proyecto*

### 5.3.3 CALIDAD DEL AIRE

Está relacionada con partículas transportadas por el aire, estas son de origen de excavaciones, disparos con explosivos, remoción, transporte, transferencia del material y emisiones gaseosas producto de la combustión de equipos a diesel.



**Figura No 6** *Caracterización del aire en ambiente subterráneo*

### 5.3.4 GEOLOGIA (Según Sichi Wayra, 2006)

La geología de mina Poopó se presenta de la siguiente manera:

Tipo de yacimiento; sub volcánico hidrotermal

Grupo; Meso a epitermal

Temperatura de formación; 200 – 300 °C

Estructuras mineral; Veta Poopó, Ramo piso Poopó, Ramo techo Poopó, Nueva y Kajcha Cruz

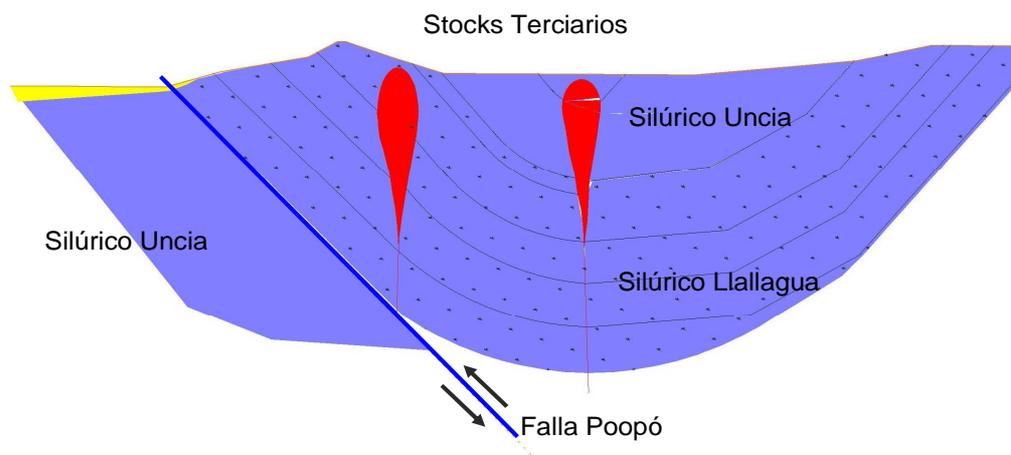
Dirección preferente de vetas; N – S

Buzamiento general; 45- 50 E

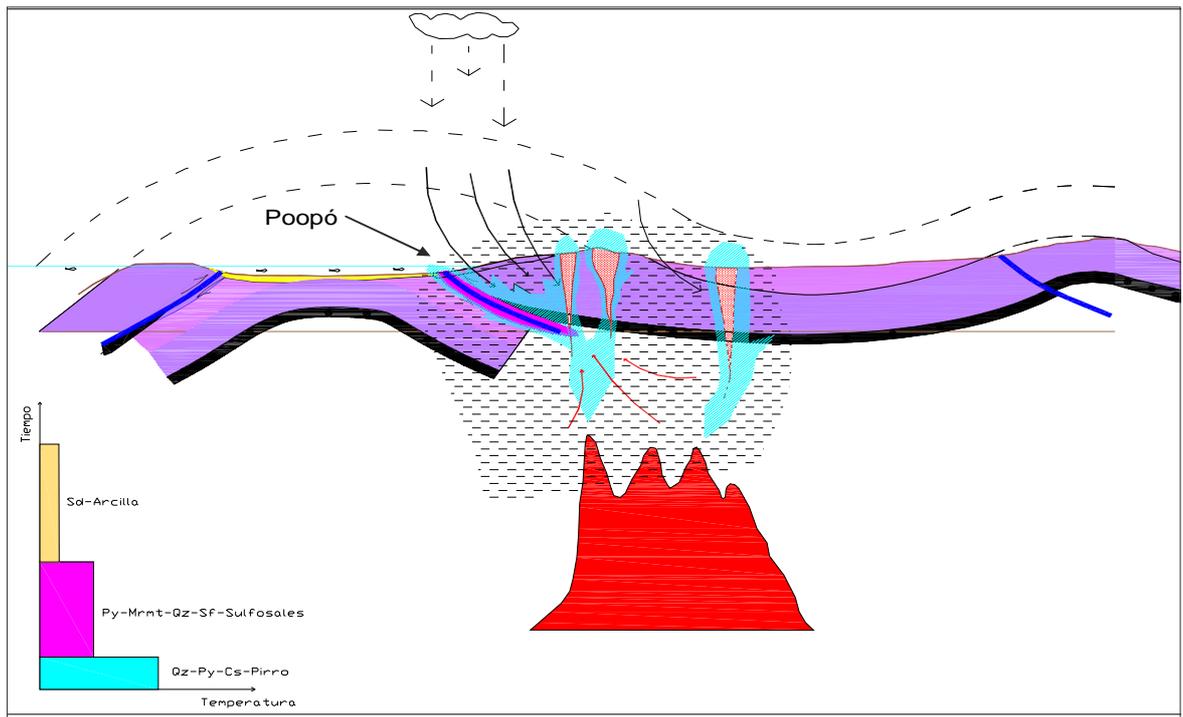
Potencia de estructuras; 0.20 a 2.00 m.



**Fig. No 7 Relación genética del yacimiento (Sinchi Wayra S.A., 2008)**



**Fig. No 8 Geología regional mina Poopó (Sinchi Wayra S.A.,2008)**



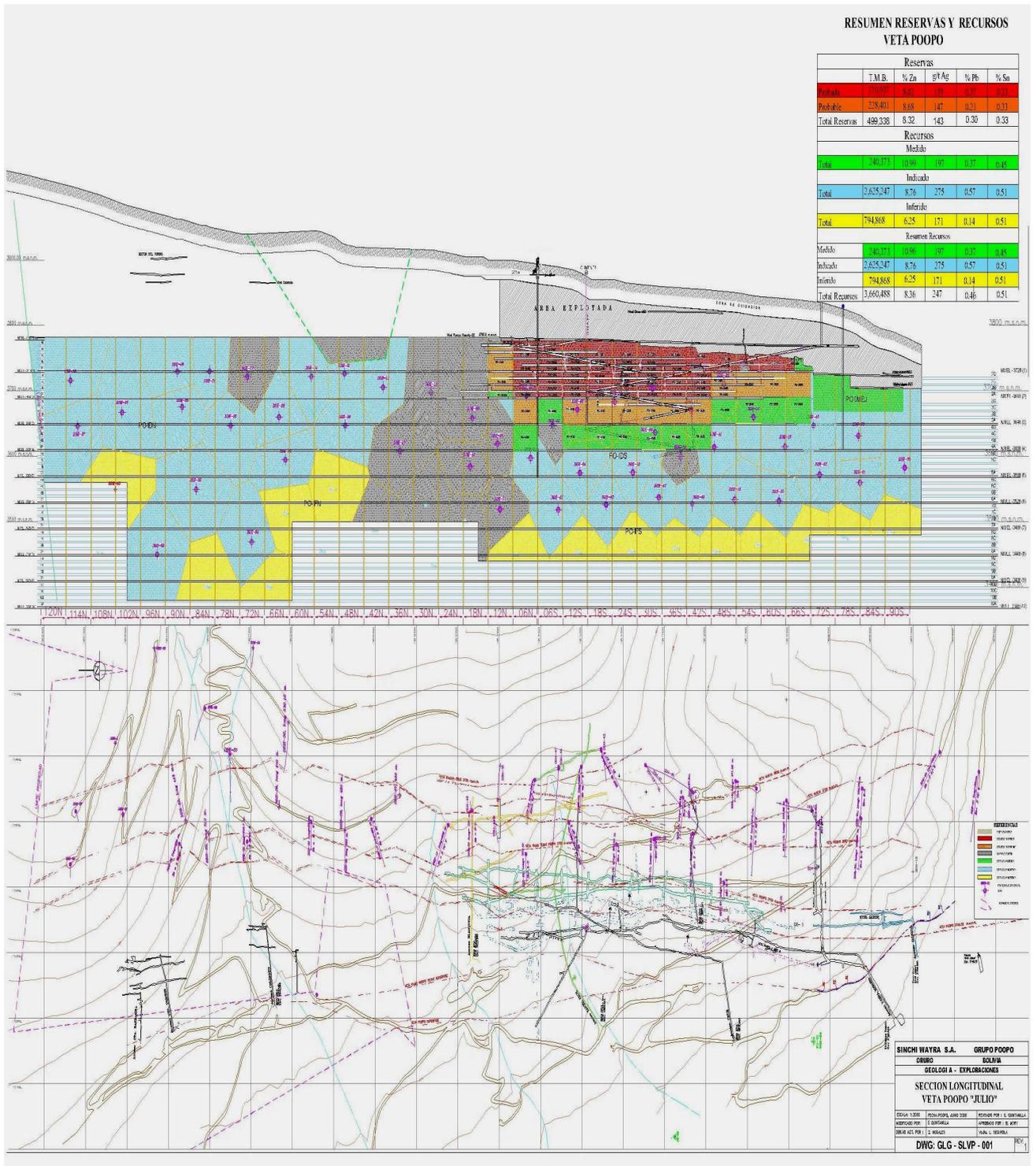
**Fig. No 9 Fases de mineralización mina Poopó (Sinchi Wayra S.A., 2008)**

#### 5.3.4.1.- MINERALOGIA Y ALTERACIONES

La mineralogía en mina Poopó consiste en: marmatita – esfalerita – sulfosales de Pb, Sb, Sn (Ag) como ganga se tiene: Pirita – cuarzo – pirrotina – caolín – arcillas.

Alteraciones: **Solidificación:** que varía de moderada a fuerte, presente principalmente en los contactos con las vetas y vetillas, la que disminuye en intensidad según se aleja de las mismas, formando halos de alteración entre 0.5 a 1.0 m.

**Piritización:** presente en superficie, principalmente en el contacto de las estructuras mineralizadas, cuya tonalidad blanquecina y amarillenta es evidente.



**Fig. No 10 Perfil longitudinal Veta Poopo mas reservas (SW S.A.,2008)**

### 5.3.5 AGUAS SUBTERRANEAS

Las aguas provienen de infiltraciones superficiales y de agua subterránea, donde principalmente sobresalen las aguas termales:

Una interpretación regional acerca del origen de las aguas termales en las inmediaciones de Poopó; es expresado en el informe: estudio hidrogeológico de las aguas termales Poopó (A. Arancibia, 2004); en el que se menciona como fuente origen o centro generador de calor, a un cuerpo volcánico (Tanka tanka), de donde y a través de fallas regionales las aguas migrarían en tres direcciones preferentes: NW-SE, N-S y NE-SW, siendo esta última dirección la que serviría de tránsito y acercaría las aguas termales a la zona de Poopó, mediante una falla regional, y que posteriormente cambiarían de dirección con la intersección de fallas transversales secundarias de dirección ESE-WNW, adquiriendo esta dirección en su flujo; con la que llegarían y emergerían por vertientes a superficie en las inmediaciones del río Poopó. La distancia lineal que une el cuerpo volcánico (centro generador) con el área de Poopó es de aproximadamente 20 Km.

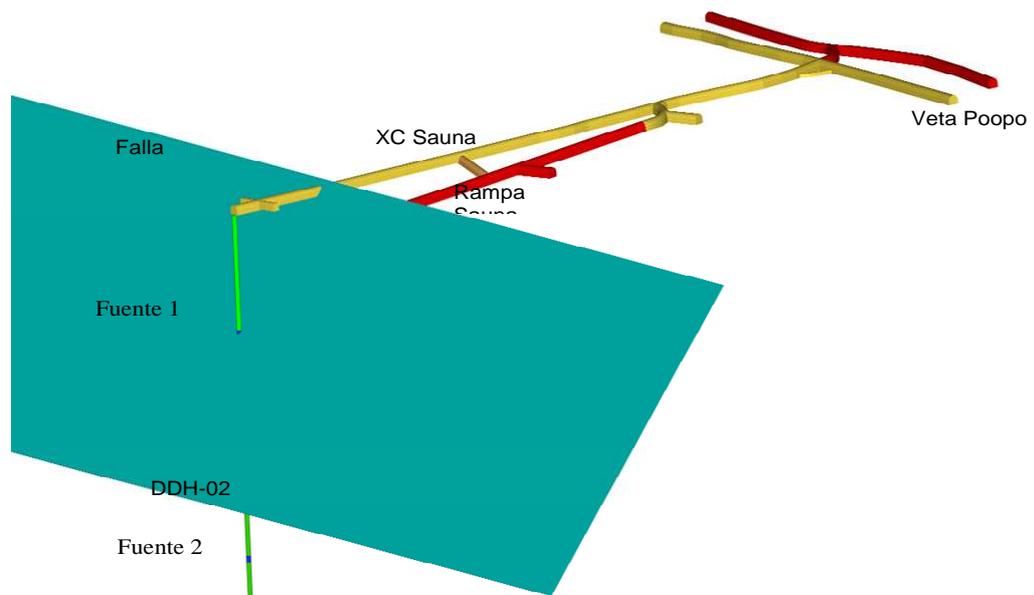
La ejecución de dos pozos a diamantina (DDH-01 y DDH-02), con fines exploratorios y de reconocimiento de estructuras mineralizadas, al sur de la propiedad minera Poopó; han interceptado agua termal en profundidad; con las cuales se podrá realizar una interpretación respecto de su dirección de flujo, profundidad de aguas calientes confinadas, y ciclo hidrológico activo de aguas meteóricas infiltradas por fracturas y aguas calientes o vapor que ascienden hacia superficie por corrientes conectivas íntimamente relacionados con la fuente calórica (cámara magmática o intrusivo ígneo en profundidad).

El sector sur de la propiedad minera Poopó es la que tiene evidencia de presencia de agua termal; relacionada en mayor grado a la veta Nueva

(sudeste del yacimiento), por la presencia de flujos de agua caliente, en las inmediaciones de esta.

La intersección de la falla geológica de dirección general S-N y buzamiento al E, por donde existe flujo de agua termal, en dos puntos distintos (recorte y rampa Nueva); determina que la dirección de flujo de las aguas termales, es también en esta dirección; sin descartar la dirección E-W determinada por la geología regional.

La circulación de las aguas termales a través de esta falla, podría ser local, y que solo serviría de conducto, por infiltración de estas, hacia un nivel inferior (Rampa Nueva).



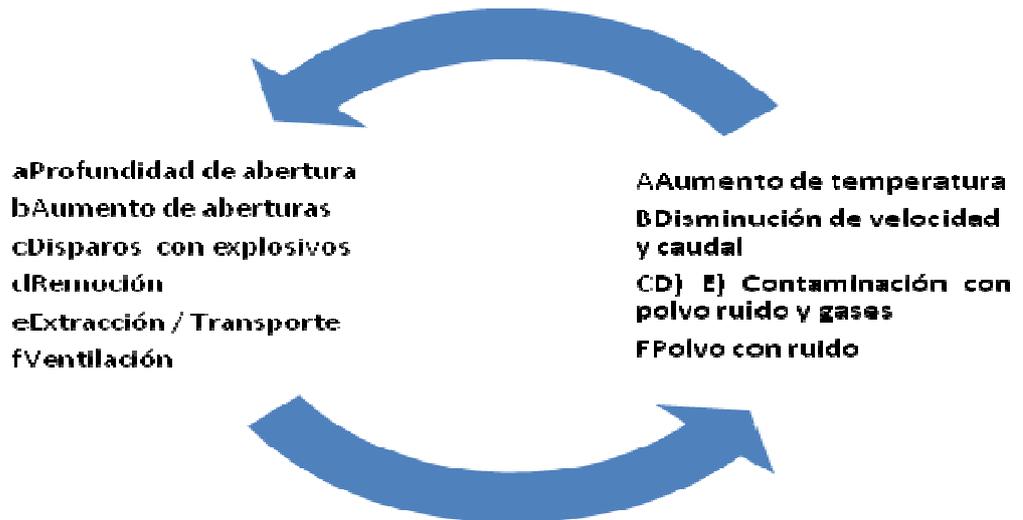
**Fig. N° 11 Vista 3D Rampa Nueva-XC Sauna-Corrida Pampa R. y DDH-02.**

El caudal de aporte también proviene de la perforación en las diferentes labores e infiltraciones de lluvia el pH de salida a superficie varia de 3 a 5.

## 5.4.- ASPECTOS AMBIENTALES SUB TERRANEOS

Según Vidal Felix Torrez, 2005, los aspectos ambientales subterráneos se pueden definir en:

- a) acciones que provocan impactos ambientales en el aire de la atmósfera subterránea: **(Fig. No 12)**



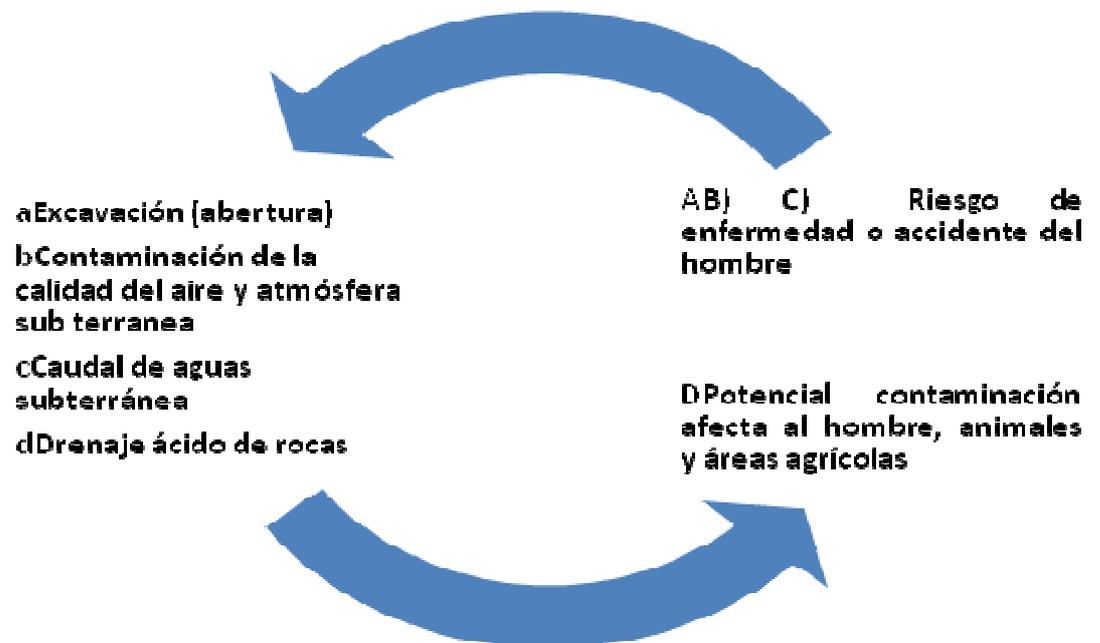
- b) acciones que provocan impactos ambientales en el macizo rocoso **(Fig. No13)**



c) acciones que provocan impactos ambientales en agua subterránea (*Fig. No14*)



d) acciones que provocan impactos ambientales por dominio biológico (*Fig. No15*)



En resumen el hombre al realizar trabajos en minería subterránea es afectado por los siguientes aspectos que influyen en el rendimiento de trabajo: según ( Jurgen Weyer, 2001)



**Fig. No16 ASPECTOS QUE INFLUYEN AL RENDIMIENTO DEL TRABAJADOR**

## 5.5 ANALISIS DE RIESGO PARA DETERMINAR ASPECTOS CRÍTICOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN ESTUDIO

Con el objetivo de tener claro qué impacto tiene mayor influencia en el rendimiento de los trabajadores. El análisis de riesgo se realiza con la siguiente metodología (Sinchi Wayra S.A., 2008)

PROBABILIDAD	
Se refiere a la probabilidad que tiene el aspecto de causar un impacto ambiental, se determina a partir de los siguientes parámetros:	
<b>OCURRENCIA</b>	
Este parámetro categoriza a los impactos sobre la probabilidad de que el aspecto ambiental produzca el impacto ambiental	
5	Cierto o muy probable - alta probabilidad (90% o más) que un aspecto resulte en un impacto
4	Probable - pronunciada probabilidad (68% - 89%) que un aspecto resulte en un impacto
3	Moderada - razonable probabilidad (34% - 67%) que un aspecto resulte en un impacto
2	Baja - baja probabilidad (11% - 33%) que un aspecto resulte en un impacto
1	Remota - muy improbable (10% o menos) que un aspecto resulte en un impacto
<b>FRECUENCIA</b>	
Señala cuán a menudo un impacto ocurre o puede ocurrir. Si un impacto es cierto o muy probable de ocurra, entonces: ¿qué tan a menudo pasa o puede pasar: diario, mensualmente, una vez al año?	
5	Continua - ocurre 3 veces por semana (promedio) o más a menudo
4	Repetida - ocurre 1 a 2 veces por semana (promedio)
3	Regular - ocurre mensualmente (promedio)
2	Intermitente - ocurre trimestralmente (promedio)
1	Rara vez - ocurre una vez por año
<b>CONTROL</b>	
Corresponde al grado de control que se tiene sobre los aspectos ambientales para medir la generación de un impacto ambiental.	
5	Incontrolable - no existe o no se conoce forma alguna de control
4	No controlado - existiendo o conociendo alguna forma de control, no ha sido implementada
3	Control parcial - los dispositivos actuales de control son insuficientes o están deficientemente implementados
2	Controlado - Los dispositivos actuales de control son efectivos la mayoría de las veces.
1	Control total - los dispositivos actuales de control son siempre efectivos
<b>PREOCUPACION DE LAS PARTES INTERESADAS</b>	
Refleja cómo las partes interesadas externas (clientes, reguladores, vecinos o grupos de interés) perciben un impacto ambiental generado por la empresa. Así un impacto que no es severo pero que constituye una preocupación importante para partes interesadas externas debería categorizarse de manera similar a un impacto severo que representa una preocupación secundaria para algunas partes interesadas externas	
5	Preocupación primaria (formal) para todas/casi todas las partes interesadas
4	Preocupación primaria (formal) para pocas/una parte interesadas
3	Preocupación secundaria (informal) para todas/casi todas las partes interesadas
2	Preocupación secundaria (informal) para pocas/una parte interesadas
1	Mínima/sin preocupación para partes interesadas

### VALORACIÓN DE LA CONSECUENCIA

Coficiente de Valoración C

$C = \text{severidad} \times \text{límite geográfico} \times \text{estatus regulatorio} \times \text{durabilidad}$

$$C = 4 \times 3 \times 2 \times 3 = 72$$

Criterio	Valoración
$C < 156$ Consecuencia Baja	1
$C \geq 157$ Consecuencia Media	2
$C \leq 468$ Consecuencia Media	2
$C \geq 469$ Consecuencia Alta	3

## CONSECUENCIA

Se refiere a la consecuencia que tendrá el aspecto ambiental cuando impacte en el medio ambiente.

### SEVERIDAD

Está referido al grado con que el impacto afecta o puede afectar los alrededores de la compañía (incluidos aire, agua, suelo, recursos naturales, flora, fauna y población)

- 5 Severo/catastrófico - muy dañino o potencialmente irreparable; gran esfuerzo para corregir y recuperar.
- 4 Serio - dañino y potencialmente irreparable, dificultades para corregir pero recuperable
- 3 Moderado - algo dañino, corregible
- 2 Leve - potencial pequeño de daño, fácilmente corregible
- 1 Inofensivo - ningún potencial de daño

### LIMITES GEOGRAFICOS

Esta referido al área física donde ocurre o se manifiesta el impacto ambiental

- 5 Extra regional - el impacto migra fuera de la región donde se localiza la compañía
- 4 Regional - el impacto afecta la región donde se localiza la compañía
- 3 Local - el impacto afecta a la comunidad local donde se localiza la compañía
- 2 Puntual interareas - impacto esta circunscrito donde se produce el daño
- 1 Confinado - el impacto afecta dentro el perímetro de la instalación o actividad.

### ESTATUS REGULATORIO

Identifica si un impacto está asociado a requisitos gubernamentales o administrativos (requerimientos legales) o requisitos autoimpuestos por la empresa.

- 5 Regulado - mandatorio por disposiciones locales o legislación nacional
- 4 Regulado en el futuro - actualmente no es mandatorio por ninguna legislación específica, pero se encuentra en consideración por las autoridades administrativas y/o legislativas para ser regulada en el futuro inmediato
- 3 Política de la empresa - estándar de la industria, código de práctica u otra iniciativa que se haya adoptado y formalizado dentro de una política de la empresa.
- 2 Práctica de la empresa - estándar de la industria, código de práctica, u otra iniciativa que guíe las prácticas establecidas, pero que no han sido formalmente codificada.
- 1 No regulado - sin guía de ningún tipo

## VALORACIÓN DE LA PROBABILIDAD

Coefficiente de Valoración P

$P = \text{Ocurrencia} \times \text{frecuencia} \times \text{control} \times \text{partes interesadas}$

$$P = 4 \times 3 \times 3 \times 4 = 144$$

Criterio	Valoración de probabilidad
$P < 156$ Probabilidad Baja	1
$P \geq 157$ Probabilidad Media	2
$P \leq 468$ Probabilidad Media	2
$P \geq 469$ Probabilidad Alta	3

## GRADO DE SIGNIFICACIÓN

Factor del grado de significación

$$F = X \times Y = 1 \times 1 = 1$$

### CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO AMBIENTAL

Si  $F = 1$  o  $2$  ASPECTO AMBIENTAL

Si  $F = 3$  o  $4$  ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO

Si  $F = 6$  o  $9$  IMPACTO SIGNIFICATIVO

EVALUACION DE ASPECTOS AMBIENTALES

Sección	Area	Actividad	Aspecto	Descripción Actividad / Aspecto	Situación operacional	Impacto	Medio impactado	PROBABILIDAD					CONSECUENCIA					X	Y	GRADO DE SIGNIFICACIO			
								Ocurrencia	Frecuencia	Control	Parte interesada	SUB CATEGORIA	Severidad	Límite normativo	Estatus regulatorio	Durabilidad	SUB CATEGORIA						
Mina	Mina	Acopio de roca caja	Generacion de DAR	Generacion de DAR por contacto con agua , producto de la precipitación pluvial	Normal	Contaminación hídrica y de suelo	SUELO Y AGUA	4	3	3	4	144	BAJO	1	4	4	5	4	320	MEDIO	2	2	ASPECTO AMBIENTAL
Mina	Mina	Profundización de mina	Recorte de acuíferos	Por profundización de la explotación	Normal	Contaminación de aguas subterráneas	AGUA	4	3	3	4	144	BAJO	1	5	5	4	5	500	ALTO	3	3	POSIBLE IMPACTO
Mina	Mina	Nivel 280 sector mantenimiento de equipos	Contaminación de aguas y derrames de aceites	Mantenimiento de equipo pesado en interior mina	Normal	Contaminación de agua	AGUA	4	4	3	4	192	MEDIO	2	5	3	3	4	180	MEDIO	2	4	POSIBLE IMPACTO
Mina	Mina	Mina	Generación de residuos sólidos	Por el consumo de alimentos y otros	Normal	Mal manejo de residuos sólidos	SUELO Y AGUA	5	5	3	3	225	MEDIO	2	2	1	3	1	6	BAJO	1	2	ASPECTO AMBIENTAL
Mina	Mina	Acopio de mineral	Partículas en suspensión	Generación de partículas en suspensión con contenido de contaminantes específicos	Normal	Contaminación a la Atmósfera	Atmósfera	5	5	4	5	500	ALTO	3	4	2	5	1	40	BAJO	1	3	POSIBLE IMPACTO
Mina	Mina	Trabajos de mantenimiento	Residuos aceites	Generación de residuos líquidos producto de los trabajos de mantenimiento y cambio de insumos (reparación de equipos, otros)	Normal	Contaminación al medio ambiente en general	SUELO, ATMOSFERA	4	5	4	4	320	MEDIO	2	4	3	4	3	144	BAJO	1	2	ASPECTO AMBIENTAL
Mina	Mina	Perforación	Partículas en suspensión. Ruido	Polución y ruido	Normal	Contaminación de suelos y aire	SUELO, ATMOSFERA	5	5	4	4	400	MEDIO	2	4	4	4	4	256	MEDIO	2	4	POSIBLE IMPACTO
Mina	Mina	Voladura	Partículas en suspensión	Polución y ruido, gases	Normal	Contaminación atmosférica	ATMOSFERA	5	5	4	5	500	ALTO	3	4	3	5	3	180	MEDIO	2	6	IMPACTO SIGNIFICATIVO
Mina	Mina	Perforación	Temperatura, humedad	En la perforación y otras actividades	Normal	Caida de rocas	toda el area	5	5	4	5	500	ALTO	3	5	3	4	3	180	MEDIO	2	6	IMPACTO SIGNIFICATIVO
Mina	Mina	Perforación	Generación de aguas	Por mal manejo	Normal	Agua ácida	SUELO	5	5	4	5	500	ALTO	3	5	3	4	3	180	MEDIO	2	6	IMPACTO SIGNIFICATIVO
Mina	Mina	Ventilación	Lugares calientes	Por mal control	Normal	Contaminación ambiental atmosférica	aire	5	5	4	5	500	ALTO	3	4	4	5	2	160	MEDIO	2	6	IMPACTO SIGNIFICATIVO

Según este análisis se debe dedicar dedicarnos a resolver varios aspectos ambientales que se presentan en mina Poopó.

## **6.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Para este trabajo de investigación se tomará datos de campo para los diferentes aspectos ambientales, los cuales afectan el rendimiento de los trabajadores con la que se analizará mediante interpretaciones, encuestas y cálculos donde se estima tener los siguientes resultados:

- a) Para determinar la criticidad de los aspectos ambientales subterráneos en mina Poopó se analizará los aspectos más importantes, según la matriz de riesgos de la Empresa Sinchi Wayra S.A. donde se aprecia el análisis del entorno (roca), el ambiente (aire, agua) y el efecto de alteración (hombre). A través de la aplicación de diferentes estrategias se dará soluciones prácticas para cada caso y en consecuencia mejorar las condiciones de trabajo para el logro de las metas propuestas.
- b) En cuanto a la inestabilidad que se presenta por efectos de las aberturas subterráneas debido a la calidad de la roca, se indica que el RMR varía de 30-40 (mala a regular), para tal efecto se determinará por análisis, el tipo de sostenimiento y como se ejecutará la infraestructura sin dañar las secciones requeridas, tomando en cuenta software de análisis, la preparación de la mina también se realizará con dimensiones adecuadas para no tener problemas en el proceso de explotación y de esta manera mantener la estabilidad de toda la infraestructura. Para la explotación se determinara las dimensiones de los rajos a explotar la forma de realizarlo y el tipo de sostenimiento a utilizar.
- c) La influencia del ruido cuando éstos sobrepasan los límites permisibles hacen que los trabajadores tengan problemas de estrés, nervios e

intolerancia y pueden ocasionar daños en el oído, por lo tanto se determinarán parámetros que conduzcan a la reducción de la atenuación del ruido por medio de aberturas y uso de protectores auditivos adecuados.

- d) La iluminación de la mina y de lugares de trabajo es muy importante para detectar condiciones inseguras, además de ver la forma de evitar las lámparas para tener un sistema de iluminación permanente en la perforación de desarrollos y rajos.
- e) Los gases existentes en la mina producto de la voladura, equipos a diesel y otros, deben analizarse en cada actividad para poder evitar la emanación y concentración de estos, se sabe que existe un mayor porcentaje de accidentes por inhalación de gases. Se realizaran análisis de concentración de gases y cantidad de oxígeno principalmente en el transporte de los equipos diesel donde se darán soluciones para disminuir la contaminación, en cuanto a la voladura se estudiarán los explosivos a utilizar porque se cree que es importante implementar ventilación para obtener una buena oxigenación en los lugares de trabajo.
- f) Los factores de humedad y temperatura en mina Poopó no se pueden dejar de lado por ser influyentes en el rendimiento de los trabajadores, en consecuencia ocasionan debilitación física y mental en los que se encuentran dentro la mina, también provocan daños en las paredes y techos de las aberturas, a ello contribuye la existencia de pirita para que suban aun mas las temperaturas por la oxidación de éstas. Para reducir estos factores se pretende implementar la ventilación secundaria en los lugares de trabajo.

- g) Se pretende dar solución a los problemas de gases, humedad, temperatura y polvo implementando la ventilación, realizando estudios de los caudales de aire que se requiere en cada actividad aprovechando los desarrollos horizontales y verticales existentes, así mismo realizar labores exclusivamente para ventilación y de esta manera permitir el ingreso de aire limpio a los lugares de escasa oxigenación, para este trabajo se apoyará en software que se tiene como material de trabajo, los cuales nos permitirán diseñar el sistema de ventilación, construcción de compuertas que contribuyan a la buena ventilación de la mina, aplicado estas estrategias se observará si hubo o no mejora.
  
- h) En cuanto a las aguas que se encuentran en interior mina se debe indicar que por la calidad de roca que se tiene, el agua deteriora irreversiblemente tanto el piso, techo y paredes del yacimiento, razón por la cual se realizará un análisis para las correcciones del curso de las aguas, así de esta manera evitar el goteo constante e interperización de los lugares de trabajo.
  
- i) Las rocas encajonantes (caja) que se produce en interior mina producto de la ejecución de las labores de infraestructura (rampa, contra galerías, chimeneas de ventilación, ore pass) son materiales estériles que actualmente se extraen a superficie y provocan impactos ambientales como la generación de contaminación y DAR en superficie y además la construcción de desmontes de acopio para estos materiales, se determinaran las cantidades promedio de este material y ver la forma de controlar y disminuir la extracción de estas cajas para tal efecto se propondrán soluciones ambientales para el control de estos materiales.

## 7. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

La investigación en este trabajo de tesis se basa en el siguiente diseño:



**Tabla No1 Aspectos ambientales Poopó, el autor, 2009**



**Tabla No 2 Aspectos ambientales, roca, ruido, iluminación, el autor, 2009**



**Tabla No 3 Aspectos ambientales, temperatura, humedad, polución, el autor, 2009**



**Tabla No 4 Aspectos ambientales, gases, atmósfera, agua, el autor, 2009**

Para la toma de decisiones se considera diferentes etapas de análisis con los cuales se pueden plantear algunas mejoras, como la mina es dinámica estas soluciones deben volverse a analizar, es importante indicar que la mina Poopó se encuentra desarrollada en una extensión de 1 km en horizontal, donde se tienen ya culminados dos niveles y cada nivel cuenta con tres sub niveles intermedios los que están separados a 10 m. de altura cada uno. Los sub niveles del tercer nivel también ya están culminados, por consiguiente se indica que a medida que se profundiza también los aspectos ambientales se complican, por esta razón se debe volver a realizar la toma de datos y volver a realizar el análisis según este estudio de investigación para volver a tomar decisiones de solución.



**Fig No 17 Modelo para la toma de decisiones, el autor, 2009**

Es muy importante para la implementación de este modelo el compromiso de todas las secciones de apoyo, como también la capacitación en las soluciones ambientales tal cual lo realizan con la seguridad y la producción. Además que el compromiso de soluciones, mejoras y mantenimiento de estándares medio ambientales debe ser encarado desde el directorio de la empresa hasta el último trabajador, haciendo que estos sean parte de nuestra actividad cotidiana.

## **8.- ANALISIS DEL TEMA DE INVESTIGACION**

### **8.1.- ANALISIS DEL MACIZO ROCOSO**

#### **8.1.1. CRONOLOGIA DEL PROYECTO:**

De acuerdo a un programa elaborado al inicio del proyecto en Poopó se han perforado 24 taladros de diamantina con un metraje total de 7958.15 m distribuidos de sur a norte (Pampa Rosario – Colorados).

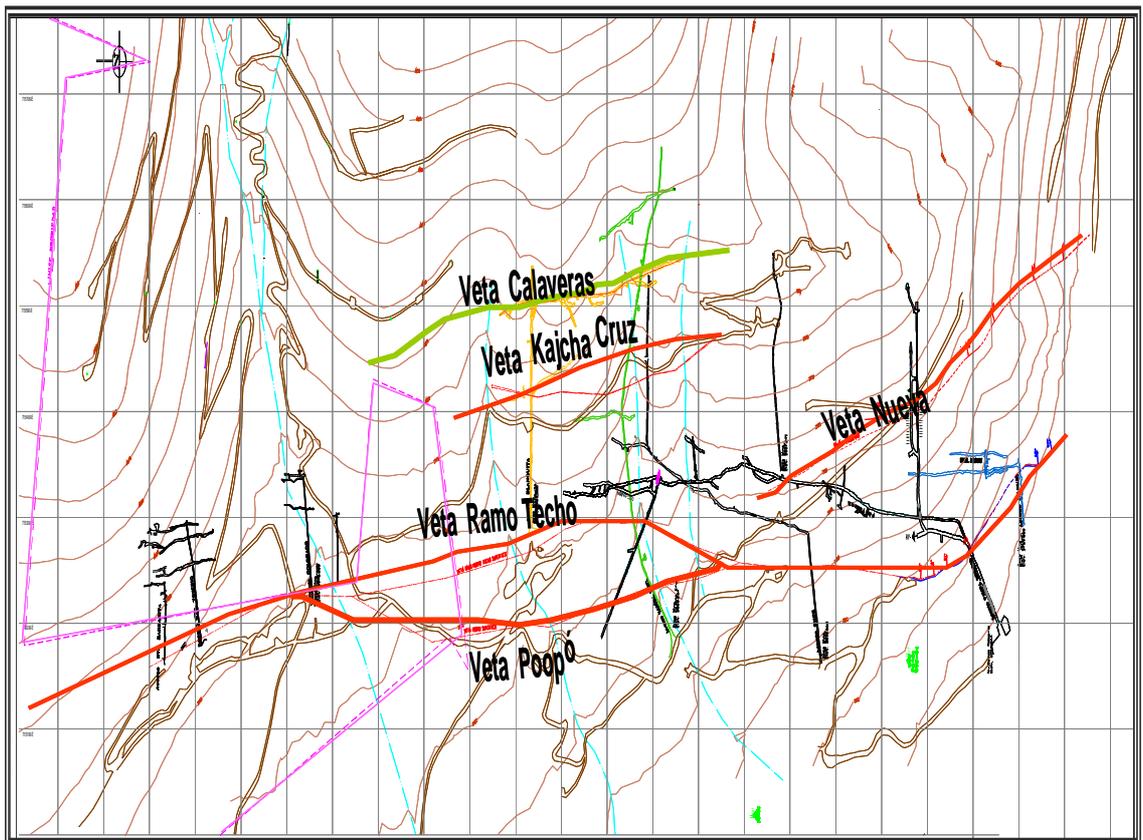
La primera fase de perforación se llevó a cabo desde septiembre del 2002 hasta enero del 2003, habiendo ejecutado cuatro pozos (3 desde interior mina) con una longitud total de 1127.05 m. Una segunda fase, se realizó desde febrero hasta julio del 2003, etapa en la cual se efectuaron 10 taladros tanto de superficie como de interior mina con una longitud total de 3371.50 m. Finalmente, se realizaron perforaciones para evaluar reservas del sector sur del área involucrada en el Contrato R.C., desde octubre de 2003 hasta febrero del 2004.

Otra fase de perforación se está realizando a partir de marzo del 2005 ésta perforación abarca la parte norte donde solo se tenían 6 taladros y se tenía un recurso solamente inferido, se está realizando 22 taladros con un metraje de

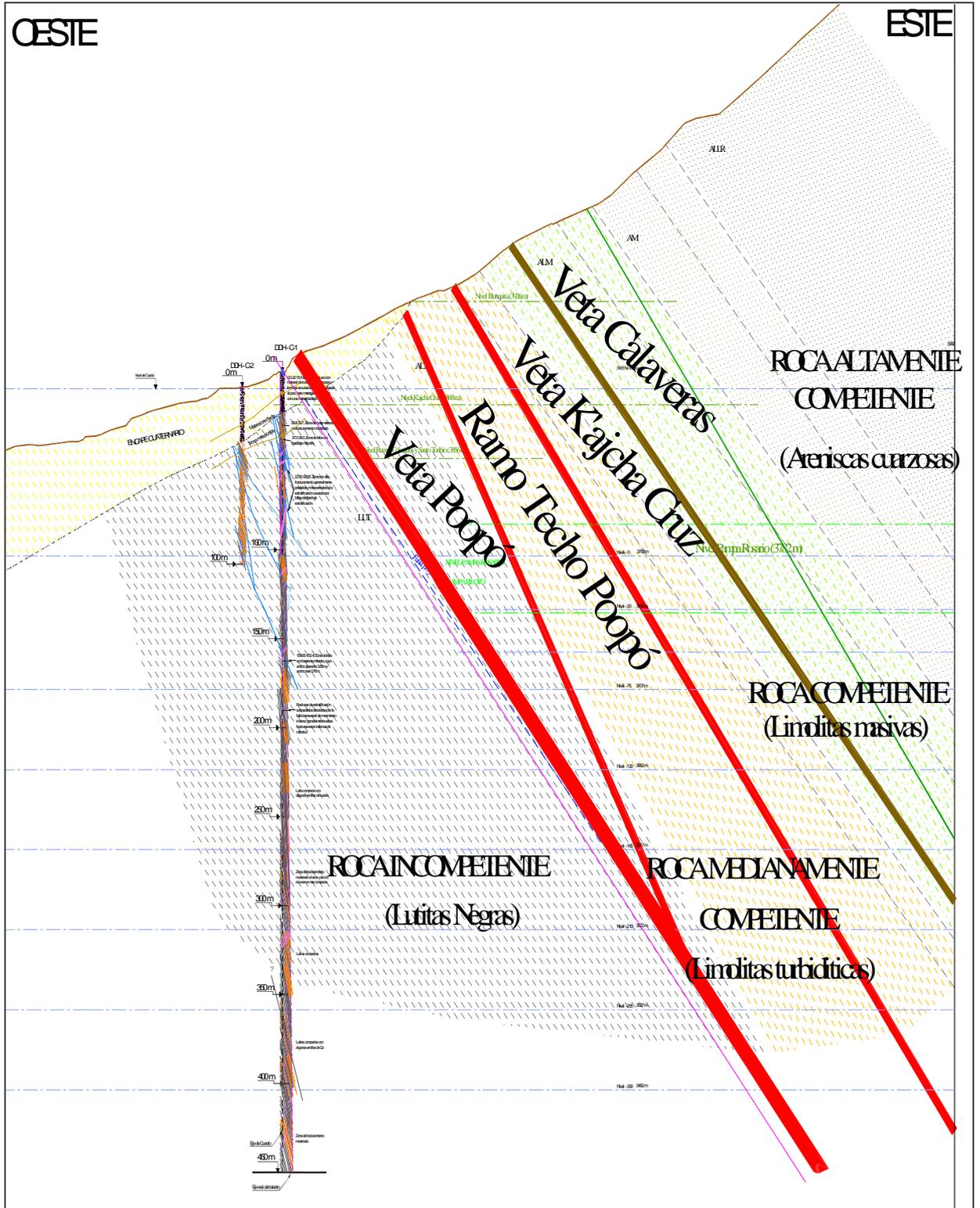
10963 m esto en la Veta Poopó otros 8 taladros en la Veta Nueva con un total de 2987m haciendo un total de 13980 m.

De las vetas interceptadas, las conocidas son Calaveras, Berdeja, Kajcha, Poopó y Veta Nueva; todas ellas se presentan mayormente en la parte central y sur de las concesiones mineras (sección Blanquita a Pampa Rosario).

En superficie se ha realizado un mapeo geológico con el objetivo de identificar las diferentes estructuras y poder correlacionar con las labores subterráneas y los taladros de diamantina perforados. En las travesías realizadas se ha podido identificar 10 estructuras entre vetas y vetas-fallas, las cuales en superficie generalmente se presentan subparalelas a la estratificación con presencia de material de falla acompañadas con limonita, hematita y una alteración argílica. Normalmente, tienen un rumbo variable de N 10° W a N 5° E con inclinaciones que se encuentran entre 30° a 50° NE o SE.



**Fig No 18 Correlación de vetas en Mina Poopó, Sinchi Wayra S.A., 2007**



**Fig. No19 Corte Transversal en sector proyección Cuadro Central Sinchi Wayra S.A., 2006**

### **8.1.1.1 VETA POOPO**

Es la estructura más importante del sector; tiene una longitud reconocida (en la propiedad) de 2300 m. con un ancho de 1.30 m , rumbo N 20° a 5° W y una inclinación variable de 45° a 40° al NE. Esta veta continúa fuera de la propiedad, tanto al sur como al norte. Su mineralización principalmente es: marmatita, esfalerita, sulfosales de plata y, como minerales de ganga se tiene pirita, calcopirita y cuarzo. La roca encajonante mayormente es turbidita y lutita negra. Esta veta se encuentra cerca del contacto entre las dos unidades litológicas mencionadas anteriormente. Se caracteriza por su forma en rosario llegando a tener, en algunos casos, un ancho de 2.50 m (DDH-20), mientras que en las zonas angostas solamente tiene 0.20 m (DDH-01).

### **8.1.1.2 VETA NUEVA**

Se halla ubicada en el extremo sur de la serranía y al este de la bocamina de Pampa Rosario. El afloramiento en superficie ha sido reconocido en una distancia de 380 m aproximadamente, desde la parte sur hacia el norte, mediante trabajos antiguos y/o cateos.

Tiene su inicio cerca de la boca de pozo del taladro DDH-01. Geológicamente, se caracteriza por desarrollarse en rocas poco competentes como son las limolitas arenosas bastante bandeadas y laminadas de característica turbidítica (ALT), cuyos estratos tienen una inclinación promedio de 45°.

Tiene un rumbo general de N 13° W y su inclinación varía desde los 50° hasta los 65° al NE. La longitud reconocida en base a la exploración con taladros es 650 m.

Tiende a degenerar hacia el Norte cerca de la veta Poopó y, hacia el sur, posiblemente tenga continuidad pasando a la propiedad de San Francisco.

El contenido mineralógico está compuesto por pirita mayoritaria, marmatita, sulfosales como la jamesonita, frankeita? (por el contenido de estaño) y boulangerita; como ganga se tiene cuarzo y siderita. Generalmente se presenta en forma masiva, ramificada y como brecha, dando lugar en algunos casos a una textura drusítica.

Por la existencia de trabajos mineros como rajos y desmontes, se presume que esta veta se haya trabajado superficialmente por estaño en la zona de óxidos, en una longitud aproximada de 120 m.

## **8.1.2 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN**

### **8.1.2.1 CRITERIOS DE APLICABILIDAD**

Para la selección del método de explotación de la mina Poopó se tomaron en cuenta las condiciones naturales del yacimiento, así como las condiciones morfológicas (forma, tamaño, buzamiento, profundidad), reservas, distribución de leyes, y las condiciones geomecánicas del mineral y de las rocas encajonantes.

Con la información disponible a partir de los testigos de las perforaciones realizadas con DDH y los desarrollos efectuados para los trabajos de exploración, se determinó la evaluación geomecánica, determinándose que la calidad de la roca es de regular a buena siendo la resistencia de la roca en el orden de 29 a 33 Mpa . Así mismo los índices como el RQD en techo y piso es del 70% y 43 en la clasificación de la masa rocosa RMR.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)										
PARÁMETROS									VALORACION	
RESIST. COMPRESIÓN UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)		100-250 (12)		50-100 (7)		25-50 (4)	X	<25(2) <5(1) <1(0)	1
RQD %	90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)	X	25-50 (8)		<25 (3)	8
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	X	0.6-2 (15)		0.2-0.6 (10)		0.06-0.2 (8)		< 0.06 (5)	15
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	X	3-10 m (2)		10-20 m (1)		> 20 m (0)	2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm apert. (5)	X	0.1-1.0 mm (4)		1 - 5 mm (1)		> 5 mm (0)	4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X	Lig. rugosa (3)		Lisa (1)		Espejo de falla (0)	3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)		Duro> 5mm (2)		Suave < 5 mm (1)	X	Suave > 5 mm (0)	0
	INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	Lig. Intemper. (5)	X	Mod. Intemper. (3)		Muy Intemper. (2)		Descompuesta (0)	3
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)		Humedo (10)	X	Mojado (7)		Goteo (4)		Flujo (0)	7
VALOR TOTAL RMR =										
RMR	61 - 100			60 - 41			40 - 0			43
DESCRIPCION	III - BUENA			II - REGULAR			III - MALA			
Marque una "X"				X						

Fig No20 Determinación del RMR Mina Poopó

X

### ANALISIS MATEMATICO PARA LA ELECCION DEL METODO DE EXPLOTACION

METODOS DE EXPLOTACION	CLASIFICACION DE LOS METODOS MINEROS EN FUNCION DE LA GEOMETRIA Y DISTRIBUCION DE LEYES DEL YACIMIENTO										CLASIFICACION DE LOS METODOS MINEROS ATENDIENDO A LAS CARACTERISTICAS GEOMECANICAS ZONA MINERAL										ZONA DEL TECHO	ZONA DEL PISO	TOTAL																					
	M	T	I	E	I	P	MP	T	IT	IN	U	D	E	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	A	MP	P	G	MG			
Hundimiento de bloques	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0	2	3	3	1	3	3	1	3	3	-24	
Camaras por sub niveles	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4	22
Hundimiento por sub niveles	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4	-24
Tajo Largo	-49	4	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	0	-49	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0	2	3	3	1	2	3	4	1	3	3	-26
Camaras y pilares	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3	30
Camaras almacen	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3	25
Corte y relleno	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	32
Fajas ascendentes	3	3	0	-49	0	3	4	4	1	2	4	2	0	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0	2	3	3	1	3	3	1	2	3	-26	
Fortificacion con puntales	0	2	4	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	33

M	Media	IN	Inclinado	IT	Intermedio
T	Tabular	U	Uniforme		
I	Irregular	D	Diseminado		
E	Erratico	A	Alta		
P	Pequeña	G	Grande		
MP	Muy pequeña	MG	Muy grande		

Fig No 21 Determinación del método de explotación "Análisis matemático" el autor, 2006

Otra condición natural encontrada en el yacimiento es la de presentar vetas angostas con inclinaciones entre 40 a 45 grados permitiéndolo adecuar y emplear la voladura de taladros largos con algunas modificaciones en el método elegido.

Por el tipo de veta del yacimiento, se descartan los métodos de hundimientos masivos.

#### **8.1.2.2 OPEN STOPE (Rajo Abierto)**

En la explotación por el método open stope (rajo abierto), el mineral se arranca por franjas horizontales, iniciando por la parte inferior avanzando hacia arriba. El mineral volado caerá por gravedad hasta el Subnivel, luego se colocan trancas de madera que servirán para colocar una plataforma de trabajo y arrancar la siguiente franja.

#### **8.1.2.2.3 CONDICIONES DEL DISEÑO**

La aplicación de este método requiere las siguientes características en el yacimiento.

1. El yacimiento debe tener un buzamiento mayor de 30 grados, para permitir que el mineral fluya con facilidad, además de un rumbo y potencia uniforme entre 1 a 4 metros
2. Consistencia en el mineral relativamente firme para mantener el techo sin sostenimiento y solo con desquinche parcial
3. El cuerpo mineralizado debe ser regular en cuanto a su forma, de otra manera el mineral quedará entre rocas encajonantes con alta dilución.
4. Las rocas encajonantes deben ser relativamente estables.
5. La ley del mineral debe ser uniforme

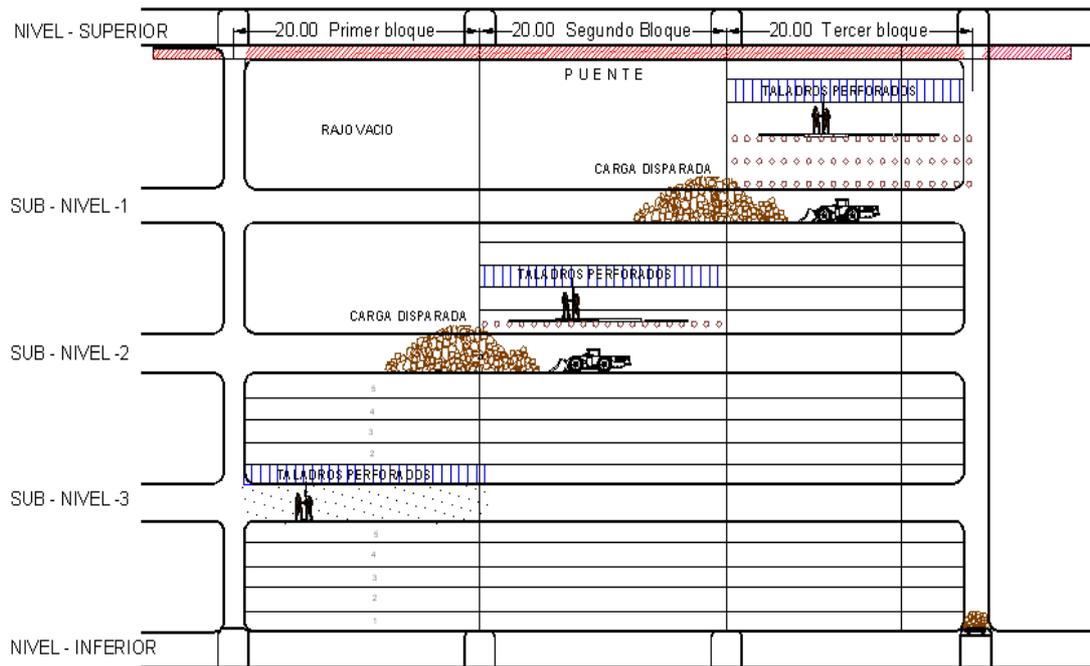
Según estas características es posible la aplicación de este método en un 100 % del yacimiento, con algunas variantes y modificaciones al método descrito:

### **8.1.2.3 APLICACIÓN DEL METODO**

Se podrá utilizar como método alternativo al sub level stopping con algunas variantes en su aplicación según el siguiente procedimiento:

- Desarrollar sub niveles cada 11 m. de altura efectuados con perforación y voladura convencional.
- Concluido con los subniveles se iniciara con la explotación en retirada a partir de los extremos de yacimiento.
- Los bloques de explotación se debe dividir en áreas de 20 metros de longitud por 11 metros de altura, realizando la perforación con barrenaje de 2.4 m. concluyendo cada bloque de explotación con cinco cortes.
- La explotación del rajo se lo realizara a partir del techo del subnivel con suspensión directa en todo el ancho de la veta.
- Realizada la primera voladura el mineral caerá directamente al piso del subnivel
- Posteriormente se colocaran trancas de madera en forma perpendicular a la veta e instalando una plataforma para continuar con la perforación y voladura de la siguiente franja.

## EXPLORACION METODO RAJO ABIERTO

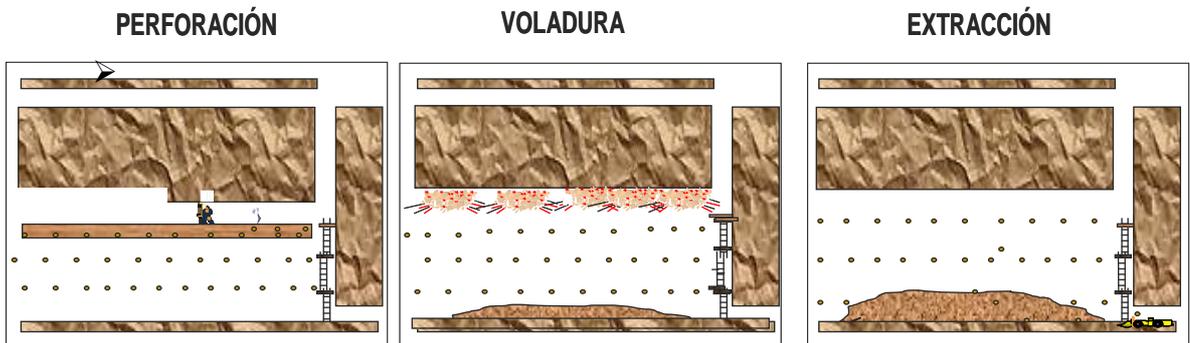


**Fig No 22 Esquema de explotación Mina Poopó, el autor, 2006**

➤ El ciclo de trabajo consiste en :

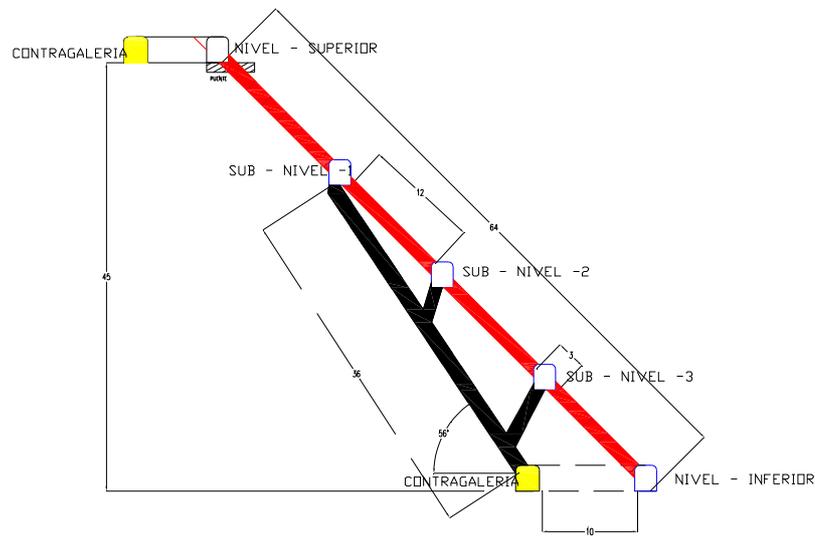
1. Perforación y voladura de la cara libre
2. Perforación vertical en el rajo con una perforadora Stoper
3. Voladura del rajo.

## RAJOS ABIERTOS



**Fig No 23 Forma de explotación rajo Open Stope según (el autor,2008)**

- El mineral quebrado será extraído por los sub niveles con scoops los cuales llevaran la carga hasta los ore pass ubicados cada 180 m. y ser extraídos por la contra galería del nivel principal hasta el Cuadro y de allí hasta la planta de tratamiento.



**Fig No 24 esquema de Ore Pass ubicación cada 180 m. Sinchi Wayra S.A., 2007**

### 8.1.3. EJECUCION DE TRABAJOS

La preparación de la mina se realizó en base al plan de minado elaborado para el efecto, donde las prioridades son el desarrollo de las Contra galerías y la rampa, los cuales se realizan con la utilización de un equipo Boomer H-104.

Como desarrollos secundarios actualmente se tienen en ejecución los desarrollos en el nivel 2 con sus respectivos sub niveles este trabajo se ejecuta con equipo convencional. En cuanto a las chimeneas de ventilación estas se realizan convencionalmente con sección de 2 m x 2m en función a un plan integral de ventilación. Para poder encarar estos trabajos, se debe considerar los siguientes aspectos:

- **CARACTERISTICAS DE LA ROCA:**

Tipo de roca	Sedimentaria (Lutita)
Sector	Veta Poopó
RMR Caja	35 – 41
Tipo de fractura miento	Capas de 0.05 a 1 metro
Rumbo de las fracturas	Paralela a la veta
Buzamiento de fracturas	45 – 80°

- **GEOMETRIA DE DESARROLLOS:**

Contra Galerías	3.0 m x 3.0 m
Rampa	3.0 m x 3.0 m
Entrantes	3.0 m x 3.0 m
Sub niveles	2.3 m x 2.7 m
Chimeneas de producción	1.5 m x 1.5 m
Chimeneas de ventilación	2.0 m x 2.0 m

- **TIPO DE VETA:**

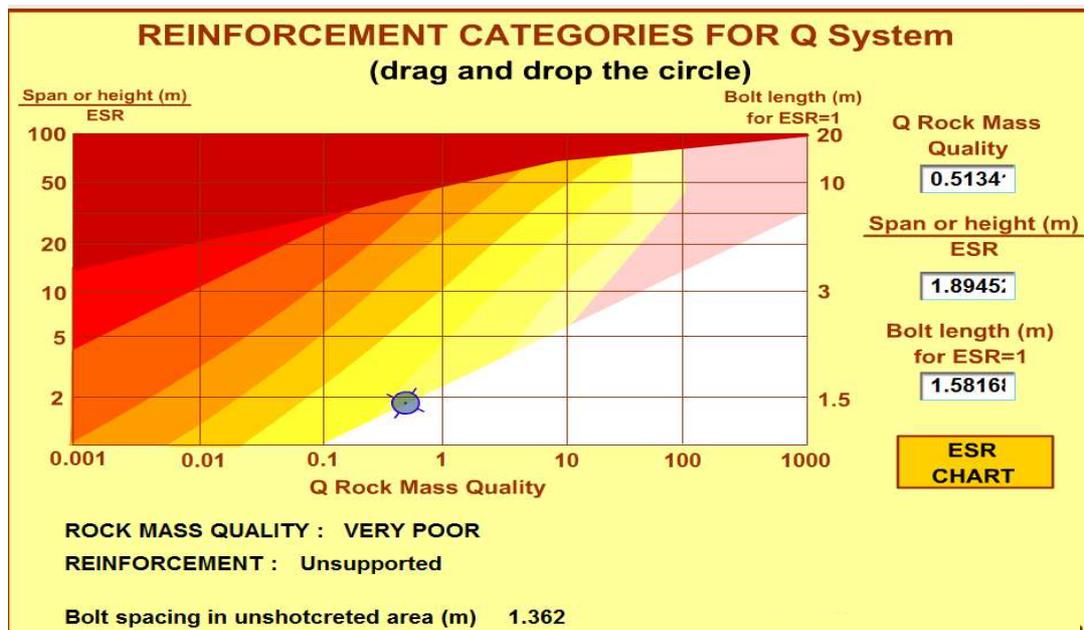
Mineralización	Marmatita, Esfalerita y Frankeita (Zn-Ag-Pb-Sn)
Ganga	cuarzo, caolín y bastante pirita (40 - 60%)
Ancho promedio	1.3 m
Rumbo	N - S
Inclinación	45° (crítico)
RMR caja techo	40 - 50
RMR caja piso	30 – 45

#### **8.1.4 ANALISIS DEL DESARROLLO HORIZONTAL E INCLINADO**

El desarrollo de las contra galerías y rampa se viene ejecutando con voladura controlada con la aplicación de cañas diseñadas para este efecto, se observa

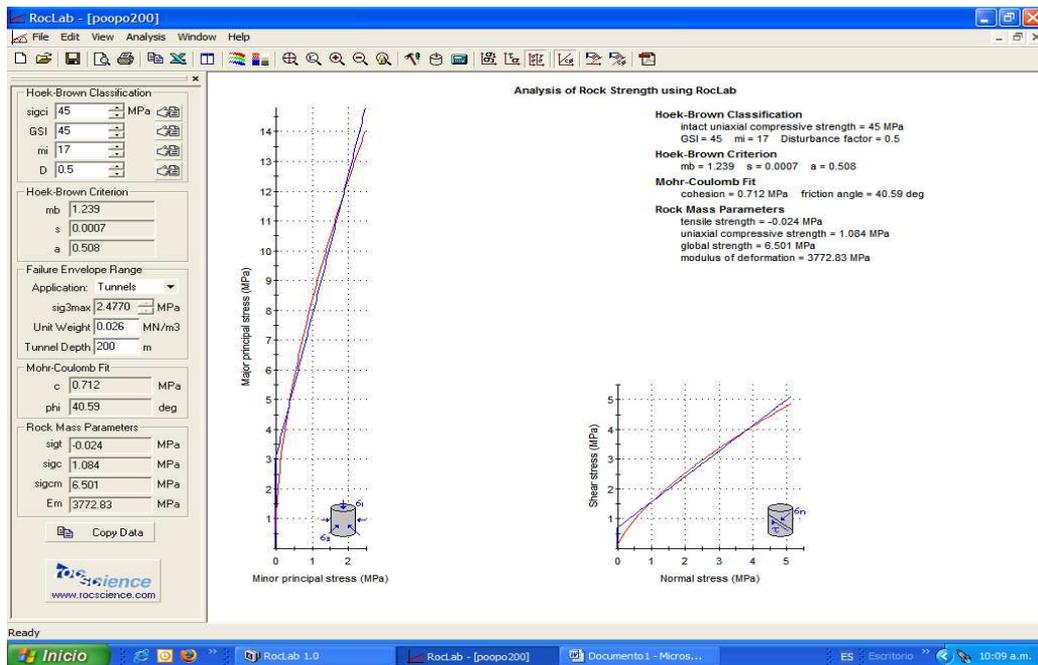
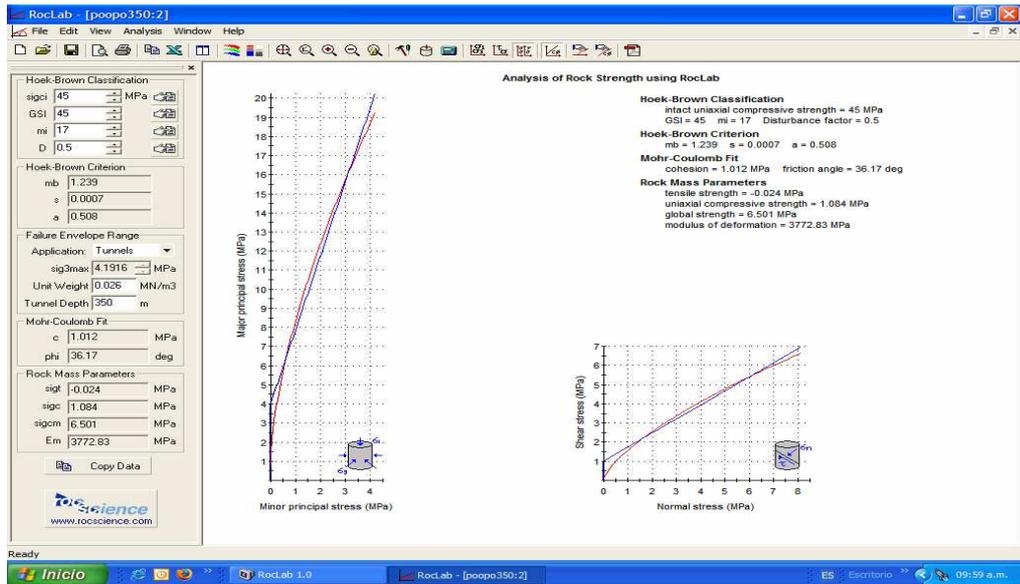
que este trabajo es muy importante para poder controlar la estabilidad de la bóveda, a esta se introduce los pernos helicoidales mas malla eslabonada para poder formar una bóveda de sujeción a los 1 a 1.5 m por encima del techo lo cual hace que estos desarrollos sean permanentes para poder encarar cualquier actividad.

Los pernos helicoidales que se utilizan son de diámetro de 22 mm y una longitud de 2.1 m separados cada 1.4 m, los cuales se colocan en filas de 4 y 3 según el avance, en lugares mas fracturados la densidad de estos es incrementado según requerimiento. Este procedimiento esta dentro los parámetros de cálculo la cual se puede observar en el siguiente cuadro



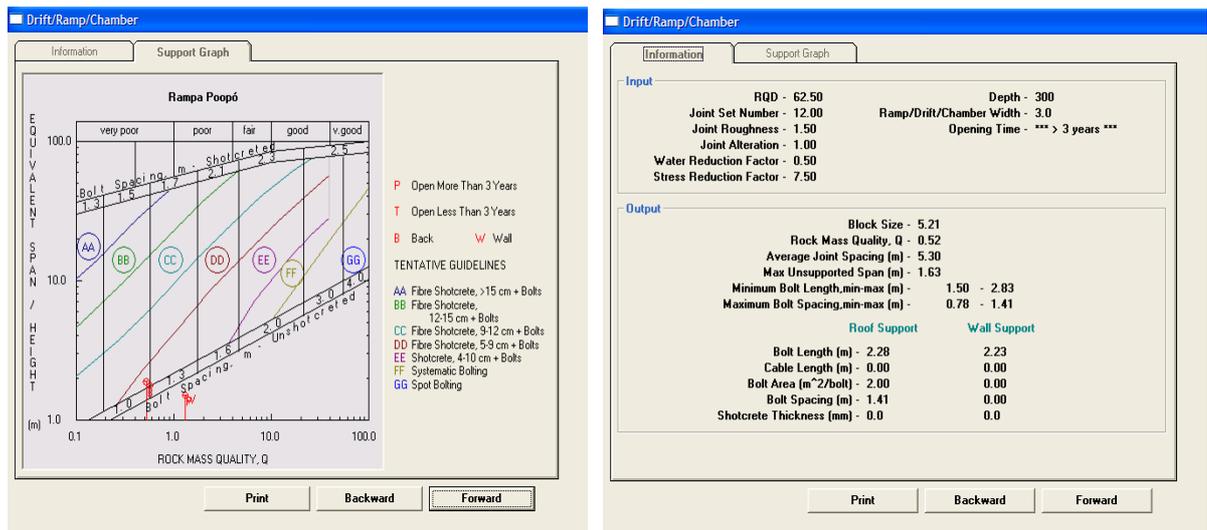
**Fig No 25 DISTANCIA Y PROFUNDIDAD DE LOS PERNOS HELICOIDALE, según [www.jordimoreno.com](http://www.jordimoreno.com)**

Es importante hacer notar que la profundidad de estas labores se ira incrementando a través de los años para lo cual se hace un análisis para profundidades de 250 m y 300 m por debajo de superficie, en los siguientes cuadros se puede ver un análisis de presiones según Hoek-Brown, 1997



**Fig No 26 ANALISIS DEL ANGULO FRICCION Y COHESION DEL NIVELSOFTWARE ROCLAB**

Para esta profundidad se puede observar que no va existir dificultades utilizando el mismo sistema que se viene aplicando que mas bien en algunos casos se tiene que pensar en la utilización de showcreet



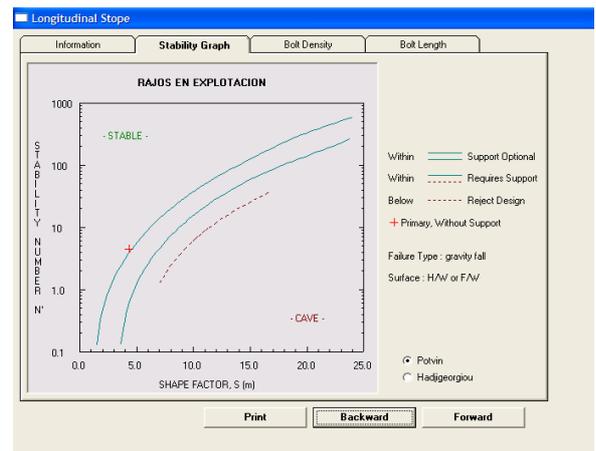
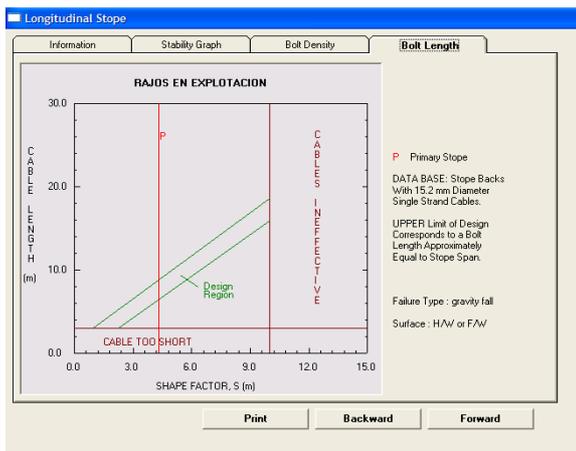
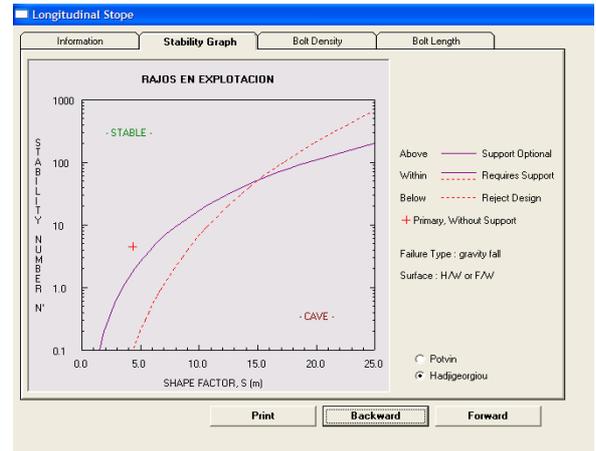
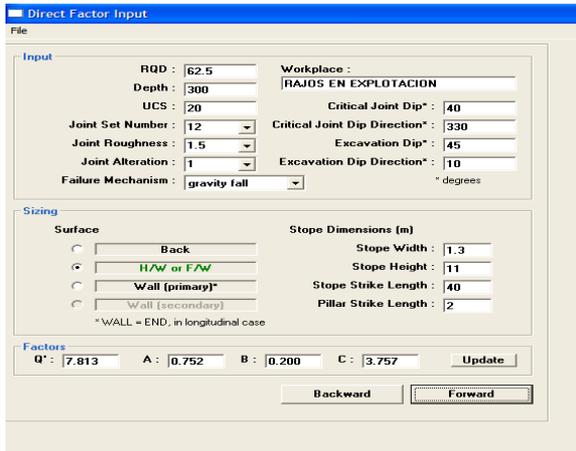
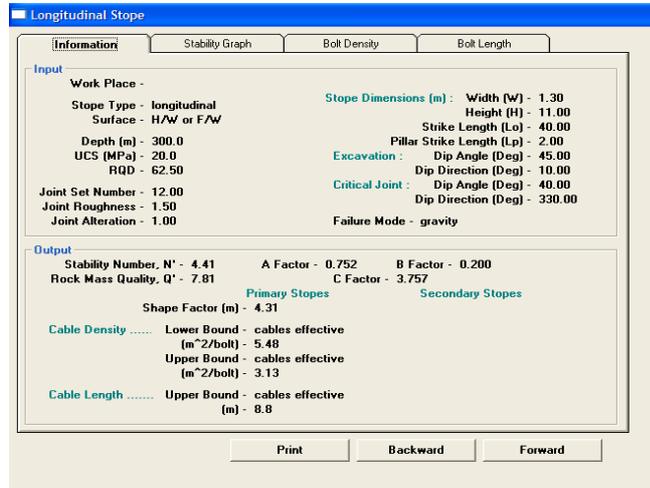
**Fig No 27 DETERMINACION DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO**

En cuanto se refiere a los métodos de explotación, se puede concluir que el mas indicado para este yacimiento es el método Open Stope el cual se ira rellenando después de la quebradura donde este relleno no es dependiente para la explotación ya que se ira explotando en retirada y tomando en cuenta las dosificaciones según la ley que se requiera, donde un parámetro importante es el ángulo de reposo de la carga la cual se pudo apreciar que para el ángulo crítico que se tiene la distancia óptima para la explotación esta entre 10 y 12 m. con lo que actualmente se viene preparando la mina.

Este método de explotación se debe aplicar a anchos de vetas menores a 1.5m donde también se debe realizar una sectorización en función al espesor de las fracturas para poder aplicar este método a vetas mayores a 1.5 m esto para evitar la dilución del mineral.

La explotación de taladros largos es aplicable en vetas mayores 1.5 m pero es importante considerar la zonificación del espesor del fracturamiento principalmente cuando este sea paralelo al buzamiento de la veta, como se pudo apreciar que en el nivel 1 se tiene vetas con anchos de 3.5 m los cuales son factibles por este método de explotación considerando siempre que se realice una voladura controlada de precorte.

En los siguientes gráficos podemos observar el radio geomecánico que se podrá contar para poder realizar la explotación de rajos.



**Fig 28 DETERMINACION DEL RADIO HIDRAULICO GEOMECANICO según stopefst**

Según se puede apreciar el nuestro radio hidráulico geomecánico es de 4.41 donde las secciones de explotación deberán ser las siguientes:

Altura abierta de sub nivel a sub nivel    11 m  
 Longitud explotada sin relleno                40 m

$$R \text{ hidráulico} = ( 11 \times 40 ) / 2 \times (11 +40)$$

$$R \text{ hidráulico} = \quad 4.31$$

### 8.1.5 ABERTURA MAXIMA DE LA EXCAVACION (Infraestructura)

Considerando el desarrollo primario más propiamente la infraestructura de la mina donde el RMR promedio es de 40 se puede determinar la abertura de excavación , según Barton, 1974

$$\text{Máxima abertura (sin sostenimiento)} = 2 \text{ (ESR) } Q^{0.4}$$

$$\text{RMR (sin sostenimiento)} = 22 \ln DE + 25$$

$$\text{Ancho máximo sin sostenimiento} = \text{ESR} * \exp ((\text{RMR} - 25)/22)$$

Definición de ESR (Relación de Sostenimiento de la Excavación):

ESR está relacionado con el uso para el cual la excavación es efectuada y con el grado de seguridad demandado, como se muestra en el siguiente cuadro.

Definición de DE (Dimensión Equivalente):

$$DE = \frac{\text{Ancho o altura de la excavación}}{\text{ESR}}$$

ESR = Depende del tipo de labor que se ejecutara, considera también el tiempo de duración que tendrá esta labor

	Categoría de la Excavación	ESR	Nº de casos
A	Excavaciones mineras temporales	3 – 5	2
B	Piques verticales:		
	Sección circular	2.5	
	Sección rectangular / cuadrada	2.0	
C	Aberturas mineras permanentes, túneles de agua para hidroeléctricas (excluyendo conductos forzados de alta presión), túneles piloto, galerías y socavones para	1.6	83
D	grandes excavaciones. Cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de agua, túneles carreteros	1.3	25
E	y ferrocarrileros menores, cámaras de equilibrio, túneles de acceso	1.0	73
F	Casas de fuerza, túneles carreteros y ferrocarrileros mayores, cámaras de defensa civil, portales, intersecciones. Estaciones subterráneas de energía nuclear, estaciones de ferrocarril, fábricas	0.8	2

**Tabla No 5 Categoría de excavación**

**Ejemplo 1**, caso Poopó, (utilizando Sistema Q)

ESR = 1.6 (aberturas permanentes)

Q = 0.86 (Calidad del túnel)

$$\text{Abierto máximo} = 2 * (1.6) * 0.86^{0.4}$$

**Abierto máximo = 3 m**

**Ejemplo 2**, utilizando la clasificación RMR:

Ancho excavación = 3 m, ESR = 1.6 (abertura permanente)

Dimensión equivalente = DE = 1.88

RMR (sin sostenimiento) =  $22 * \ln(1.88) + 25 = 39$

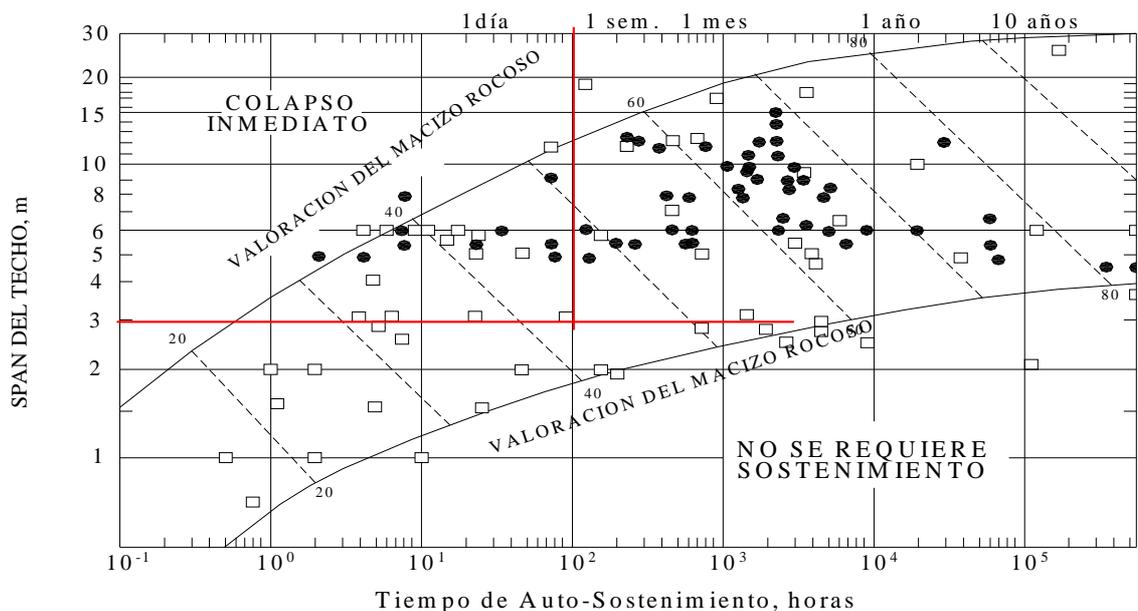
**Ejemplo 3**, para RMR = 39 y considerando los datos del ejemplo 2:

$$\text{Ancho máximo} = 1.6 * \exp^{((45-25)/22)} = 3 \text{ m}$$

### 9.1.6 TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO

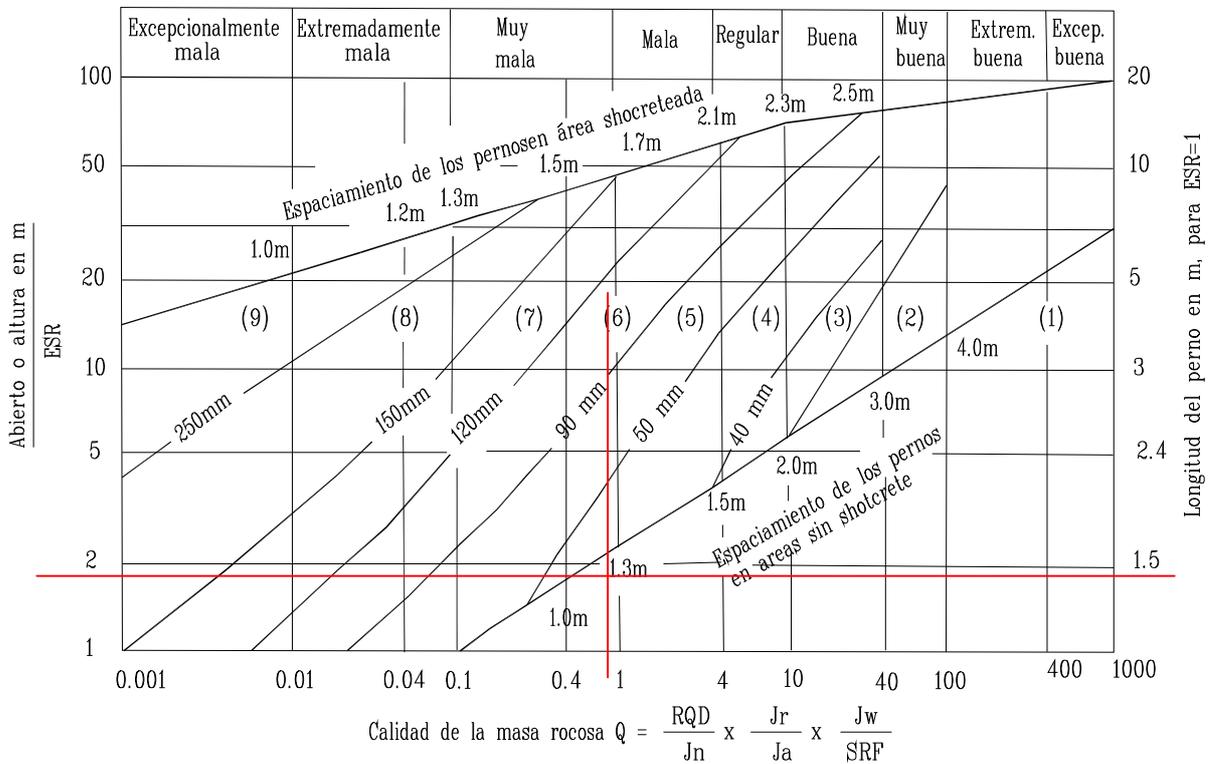
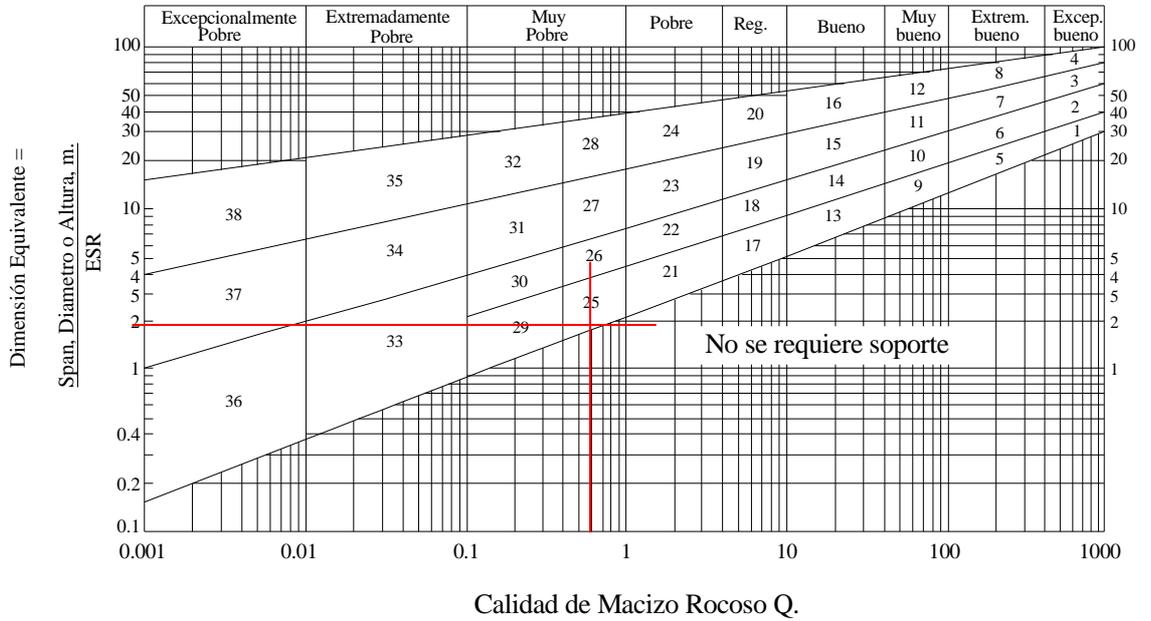
A partir de la siguiente figura considerando el SPAM y el RMR se puede determinar el tiempo de auto sostenimiento de nuestra infraestructura

**Figura 29** Relaciones entre el tiempo de auto sostenimiento y el span para diferentes clases de macizo rocoso, de acuerdo a la Clasificación Geomecánica: resultados para tunelería y minería. Los puntos ploteados representan fallas de techo estudiados: redondos llenos para minas, y cuadrados vacíos para túneles. Las líneas de contorno son límites de aplicabilidad.



### 8.1.7 SOSTENIMIENTO PERMANENTE

Para determinar el sostenimiento permanente se puede utilizar los gráficos que se presentan en las **figuras 30 y 31**.



CATEGORIAS DE REFORZAMIENTO	5) Shotcrete reforzado con fibras, 50-90mm y pernos
1) Sin sostenimiento	6) Shotcrete reforzado con fibras, 90-120mm y pernos
2) Pernos esporádicos	7) Shotcrete reforzado con fibras, 120-150mm y pernos
3) Pernos sistemáticos	8) Shotcrete reforzado con fibras, > 150 mm, con arcos de acero (cerchas) y pernos
4) Pernos sistemáticos con shotcrete sin refuerzo, de 40-100 de espesor	9) Revestimiento de concreto armado

***Tabla No 6 Categorías de sostenimiento estimados, basados en el índice de calidad tunelera Q (Según Grimstad y Barton, 1993)***

### **8.1.8 SOSTENIMIENTO PERMANENTE DE LA PARED**

Un método empírico de modificar los estimados del sostenimiento de techos, es multiplicar la calidad de la masa rocosa Q por un factor que varíe de 1 a 5, para determinar el sostenimiento de paredes mineras, el resultante factor de pared Qw es utilizado en lugar de Q.

Rango de Q	Factor de Pared Qw
Q > 10	5.0 Q
0.1 < Q < 10	2.5 Q
Q < 0.1	1.0 Q

***Tabla No 5 Determinación del factor de pared***

Para el caso del sostenimiento de las paredes, el uso adecuado de la Dimensión Equivalente (DE) es evaluado en términos de altura total de la

excavación (altura/ESR  $\neq$  altura de la pared/ESR). Los ejemplos que se dan ilustran el método.

Ejemplo de sostenimiento permanente de techos y paredes:

Rampa de sección 3.0 m x 3.0 m

Masa rocosa con 2 sistemas de juntas mas aleatorios

$$RQD = 45$$

$$Q = 0.86$$

$$Q_w = 2.5 * Q = 2.5 * 0.86 = 2.15$$

$$ESR = 1.6$$

$$DE = 3.0 \div 1.6 = 1.88 \text{ (techo)}$$

$$DE = 3.0 \div 1.6 = 1.88 \text{ (pared)}$$

De la Figura 25, para  $Q = 0.86$  y  $DE = 1.88$  la categoría de sostenimiento es 25 (techo)

$$RQD / J_n = 45 / 6 = 7.5$$

Luego de tabla 4, el sostenimiento para el techo de la rampa será empernado sistemático con pernos de 1.5 m de longitud, espaciados cada 1.2 m

### **8.1.9 SOSTENIMIENTO EN EXPLOTACION**

La sección a explotar puede ser más amplia tanto en longitud como en profundidad, colocado los rollizos en cada patacha, donde en lugares ventilados estos pueden ser definitivos y en lugares con humedad pueden ser

útiles en un tiempo suficiente hasta rellenar estas cámaras. Este aspecto se pudo apreciar en el rajo piloto ejecutado como prueba. Donde hasta la fecha que ya son 4 meses no existe derrumbes que afecte a la deformación de los bloques.

### **CALCULO DE SEPARACION DE ROLLISOS EN RAJOS:**

Peso de carga =  $P_c$   
 Peso especifico. = 2.5 t/m<sup>3</sup>  
 Espesor fracturamiento. = 2.2 m  
 Ancho Rajo = 1.5 m  
 Largo rajo = 20 m

$P_c = \text{Peso espec.} \times \text{Volumen}$   
 $P_c = 2.5 \text{ t/m}^3 \times 2.2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 20 \text{ m}$   
 $P_c = 165 \text{ t}$

Carga admisible de rollisos:

P.adm diametro 4" = 8.6 ton  
 P.adm diametro 6" = 19.4 ton  
 P.adm diametro 8" = 34.5 ton

No de rollisos:

No Diametro 4" = 14 factor seg. = 2 No 4" = 28  
 No Diametro 6" = 6 factor seg. = 2 No 4" = 12  
 No Diametro 4" = 4 factor seg. = 2 No 4" = 8

Separación de rollizos:

Diámetro de 4" = 0.7 m / patacha  
 Diámetro de 6" = 1.7 m / patacha  
 Diámetro de 8" = 2.5 m / patacha

## 8.2 ANALISIS DE LA COMPOSICION DEL AIRE

“La composición del aire atmosférico (aire fresco) según (Jurgen Weyer, 2001)

78.08 % Vol. N<sub>2</sub>

20.95 % Vol. O<sub>2</sub>

01.00 % CO<sub>2</sub>, H, gases nobles, vapor de agua

Los aires malos se refieren a los contaminados ( los que sobrepasan los limites permisibles), en algunas literaturas se los denomina también aires malos (venenosos), aires pobres (con poco oxigeno), aires explosivos (grisú) y aires con polvo. Generalmente las fluctuaciones del cambio del aire están en función de la temperatura, humedad y la presión; para poder tener un ambiente adecuado y controlar el ambiente en la mina es necesario la aplicación de la ventilación; existen dos tipos de ventilación: Ventilación por tiro natural que se aplica cuando existen condiciones favorables y la ventilación forzada o mecánica con la aplicación de ventiladores centrífugos donde se introduce aire fresco de acuerdo al requerimiento, para luego ser expulsado como aire diluido a superficie.

Según (Carrasco Galán Jose, 2004), Para poder contar con aire fresco se debe considerar los siguientes aspectos para lograr una adecuada ventilación:

- Número de trabajadores
- Cantidad y tipo de explosivos a utilizar
- Cantidad y tipo de vehículos a utilizar
- Cantidad de polvo
- Velocidad adecuada de ventilación
- Concentración máxima permisible en el puesto de trabajo

La ventilación de la cantidad de O<sub>2</sub> que se tiene en mina Poopó y la concentración de CO<sub>2</sub> se puede determinar de la siguiente manera:

Actividad	Inhalaciones por min	frecuencia inhalacion l/s	consumo O2 l/s	Producción CO2 l/s
Inactividad	12 - 18	0.08 - 0.2	0.005	0.004
Trabajo normal	30	0.8 - 1.0	0.03	0.027
Trabajo pesado	40	1.6	0.05	0.05

**Tabla No 6 Intercambio de gases según (Jurgen Weyer, 2001)**

proporción de O2 (% en Vol)	Síntomas
21 – 18	No afecta al proceso de respiración
18 – 14	Aumento del volumen de respiración, elevación del pulso, afecta a los músculos
14 – 10	Marcada elevación del pulso, respiración acelerada, vómitos, desmayos, cianosis
10 – 5	Conmoción con cianosis intensiva, ataques de perdida de Conocimiento hasta el coma, conduce a la convulsión muerte rápida

**Tabla No 7 Concentración de O2 (%) según (Jurgen Weyer, 2001)**

Altitud	Bar	Mm Hg	Pa O2
0.00	1013.00	760.00	159.60
500.00	954.00	716.00	150.36
1000.00	898.00	674.00	141.54
1500.00	845.00	634.00	133.14
2000.00	795.00	596.00	125.16
2500.00	746.00	560.00	117.60
3000.00	701.00	525.00	110.25
3500.00	657.00	493.00	103.53
4000.00	616.00	462.00	97.02
4500.00	577.00	433.00	90.93
5000.00	540.00	405.00	85.05
5500.00	505.00	379.00	79.59

**Tabla No 8 Relación de presión con la elevación sobre nivel del mar según (Jurgen Weyer, 2001)**

En la mina Poopó se tomaron los siguientes datos en interior mina

Velocidad del aire = 6 m/min

Área de la galería principal = 9 m<sup>2</sup>

Hombre en trabajo por turno = 50

Cantidad de O<sub>2</sub> = 20.6 % dentro de la mina

Se determinará el aire que se tiene para trabajar en estas galerías?

$$Q = V \times A$$

Q = Caudal m<sup>3</sup>/seg

V = Velocidad del aire m/min

A = Área de la galería m.

$$Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{seg} = 300 \text{ l}/\text{seg}$$

Según tabla de Gove:

$$\begin{aligned} 50 \text{ trabajadores} \times 0.03 \text{ l/seg de O}_2 &= 1.50 \text{ l/seg O}_2 \\ 50 \text{ trabajadores} \times 0.027 \text{ l/seg de CO}_2 &= 1.35 \text{ l/seg CO}_2 \end{aligned}$$

Caudal para cantidad de 20.8 % O<sub>2</sub>

$$\begin{aligned} Q &= 0.3 \text{ m}^3/\text{seg} \times 0.208 \\ Q &= 0.062 \text{ m}^3/\text{seg} = 62.4 \text{ l/seg} \end{aligned}$$

Determinación del oxígeno en interior mina:

$$Q = 62.40 \text{ l/seg} - 1.50 \text{ l/seg} = 60.90 \text{ l/seg}$$

Determinación % real de O<sub>2</sub> en interior mina:

$$\begin{aligned} \% \text{ O}_2 &= [(60.90 \text{ l/seg}) / (300 \text{ l/seg})] \times 100 \\ \% \text{ O}_2 &= 20.30 \% \end{aligned}$$

Determinación del CO<sub>2</sub> en interior mina:

$$\begin{aligned} \% \text{ CO}_2 &= [(1.35 \text{ l/seg}) / (300 \text{ l/seg})] \times 100 \\ \% \text{ CO}_2 &= 0.45 \% \end{aligned}$$

Como se puede ver el cálculo realizado en la rampa principal esta dentro de los límites máximos permisibles.

Existen una infinidad de gases producidos en diferentes actividades y sobre todo por la utilización de materiales los cuales contienen diferentes compuestos químicos que al reaccionar en el ambiente minero producen efectos ambientales, por ejemplo el uso de explosivos, combustibles, grasas, etc.

### 8.2.1 MONOXIDO DE CARBONO CO

Es el gas mas peligroso en una mina subterránea es el CO el valor máximo permisible es de 50 ppm que se puede respirar hasta 15 minutos, sin sentir malestar, sin embargo después de algunas horas puede producir desmayos e inconciencia (según Jurgen Weyer, 2001) se tiene:

Saturación de la sangre % CO.Hb	Sintomas
5 - 10	Posible pérdida leve de concentración
10 - 20	Sentimiento de falta de espacio, dolor de cabeza leve
20 - 30	Capacidad de desición reducida, dolor de cabeza pulsante
40 - 60	Probabilidad de colapso, aumento de frecuencia de pulso y respiración, calambres
60 - 70	Coma, pulso y respiración debiles, posible muerte
70 - 80	Muerte

### 8.2.2. DIOXIDO DE CARBONO CO2

Este gas según (Strang y MacKenzie-Wood, 1985) los efectos que provoca al cuerpo humano son:

% CO2 en el aire	Efectos
0.03	Concentración normal en el aire
0.5	Respiración acelerada en 5%
2	Respiración acelerada en 50%
3	Respiración duplicada, respiración acentuada al trabajar
5 - 10	Respiración acentuada que lleva al agotamiento, dolor de cabeza
10 - 15	Respiración acentuada intolerable, graves dolores de cabeza, agotamiento rapido y colapso

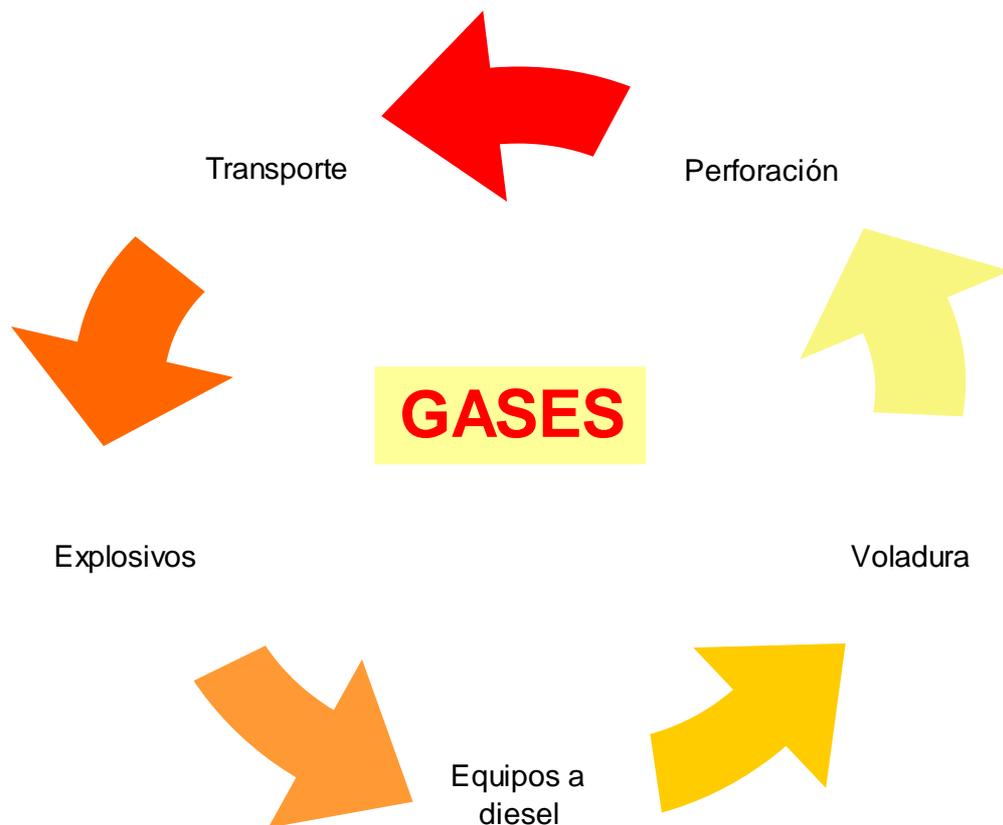
### 8.2.3. OXIDOS NITROSOS NO, NOx y OTROS

Según (Español Cano Santiago, 2004) Los efectos de NO similares a las de CO, sólo que más peligroso (NO también es un veneno sanguíneo).

NO<sub>2</sub> es más peligroso ya que el límite de toxicidad está ya sobrepasado cuando se lo empieza a oler. Efectos irreversibles en los pulmones (ácido nitroso destruye los pulmones). Efecto a largo plazo empieza de 5 a 10 horas después de su inhalación.

### 8.2.4 EMISIONES DE GASES

***Fig No 32 Los gases en interior mina Poopó provienen de las siguientes actividades:***



**Perforación.-** Durante esta actividad se genera un ambiente de bastante contaminación al quemar aceite de perforación en contacto con el aire y el agua una vez perforado se realiza la voladura en el cual de debe tomar en cuenta los explosivos a utilizar

**Voladura.-** En cuanto a esta actividad se utilizan emulsiones e hidrogeles como cebo el explosivo que produce mayor presencia de gases se refiere al Anfo, a continuación se muestra el consumo de explosivos por labor:

NIVEL	PARAJE O SECTOR	PERSONAL QUE TRABAJA EN EL ÁREA	CONCENTRACIÓN DE CO (ppm)
0	Intersección de XC sauna y Acceso a Sala de manchas	Solo personal en transito	47
0	Sala de manchas	Solo personal en transito	22
0	Chimenea de ventilación N° 2 de nivel -50	Solo personal en transito	21
Rampa Poopó	Intersección entrante a Contragalería de nivel -90	Operador Scoop, operador volqueta	36
-90	Intersección entre el recorte a veta y contragalería	Operador Scoop, operador volqueta	31
-90	Tope contragalería Sud	Sin labores	23
-90	Tope contragalería Norte en limpia, en el momento scoop apagado	Operador Scoop,	53 *
-90	Tope, corrida lado Sud	Sin labores	30
-90	Tope, corrida lado norte	Sin labores	28
-90	Rampa Poopó cruce entrante	El Scoop reinicia labores	
Rampa Poopó	Tope, (temporalmente taza de bombeo)	Operador Scoop, operador volqueta	64 *
Rampa Poopó	Intersección entrante a contragalería de nivel -90	Operador Scoop, operador volqueta	56 *
-90	Intersección entre el recorte a veta y contragalería	Operador Scoop, operador volqueta	60 *
-90	Tope, contragalería lado Sud	Operador Scoop, operador volqueta	41
-90	Tope, contragalería lado norte en limpia	Operador Scoop, operador volqueta	120 *
-90	Intersección entre recorte a veta y corrida	Sin labores	64 *
-90	Tope, corrida lado Sud	Sin labores	67 *
-90	Tope, corrida lado norte	Sin labores	62 *

(\*) Puntos que sobrepasan los límites permisibles.

**Tabla No 9 Concentración de CO en mina Poopó**

DESCRIPCION	L A B O R						
	VOLADURA CONTROLADA		VOLADURA CONVENCIONAL				
	RAMPA POOPO	CONTRA GALERIA	RAMPA POOPO	CONTRA GALERIA	CORRIDA	CHIMENEA CORTA	CHIMENEA LARGA
DIMENSIONES (m)	3x3	3x3	3x3	3x3	2.2x2.7	1.5x1.5	2x2
NUMERO TAL. DISPARADOS	28	28	28	28	22	15	20
LONGITUD TALADRO (m)	3,3	3,3	3,3	3,3	2,4	1,8	1,8
DINAMITA 7/8"x8"x45%	56	56					
HIDROGEL 7/8"x8" (Pza.)	24	24	24	24	18	15	20
HIDROGEL 1¼"x8" (Pza.)	4	4	4	4	4		
ANFO (Kg)	60	60	70	70	35	15	20
FANEL LP 3,2 (Pza.)					18	15	20
FANEL MS 3,2 (Pza.)					4		
FANEL LP 4.8 (Pza.)	24	24	24	24			
FANEL MS 4.8 (Pza.)	4	4	4	4			
MECHA DE SEGURIDAD (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
FULMINANTE COMUN (Pza.)	1	1	1	1	1	1	1
CORDON DETONANTE. 3P (m)	8	8	8	8	6	Variable	Variable
CORDON DETONANTE 5P (m)	14	14	14				
POLIFILM (m)	*	*	*	*	*	*	*

**Tabla No 10 Consumo de explosivos por labores en mina Poopó**

GRUPO	OXIDANTE	COMBUSTIBLE	SENSIBILIZADOR
<b>Dinamitas</b>	<b>Nitrato de amonio (molido)</b>	<b>Harina de madera (celulosa)</b>	<b>Nitroglicerina Nitrocelulosa</b>
<b>Emulsiones</b>	<b>Nitrato de amonio (en solución)</b>	<b>Petróleo, aceites, emulsificantes</b>	<b>Aire, gas (contenido en microesferas)</b>
<b>ANFO</b>	<b>Nitrato de amonio (prills)</b>	<b>Petróleo</b>	<b>Aire (contenido en los poros del prill)</b>
<b>ANFO pesado</b>	<b>Nitrato de amonio (prills y en solución)</b>	<b>Petróleo, aceites y otros</b>	<b>Aire (de los prills del ANFO)</b>

**GASES NITROSOS**

**MONOXIDO Y OTROS**

**TABLA No 11 Combustibles y sensibilizador de explosivos según (EXSA Perú 2007)**

## **EXPLOSIVOS**

### **Proceso de Reacción Exotérmica: COMBUSTIÓN**

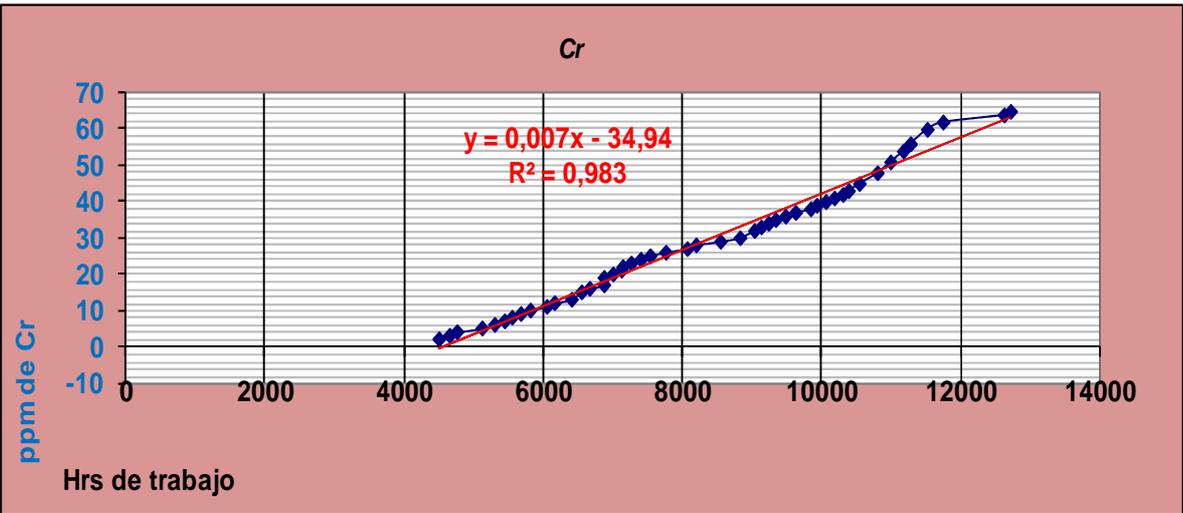
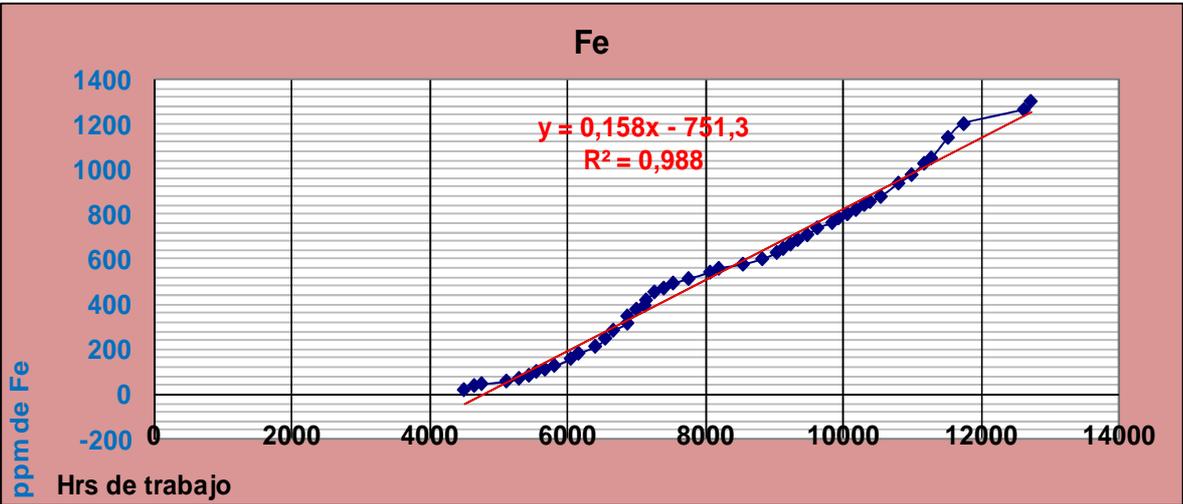
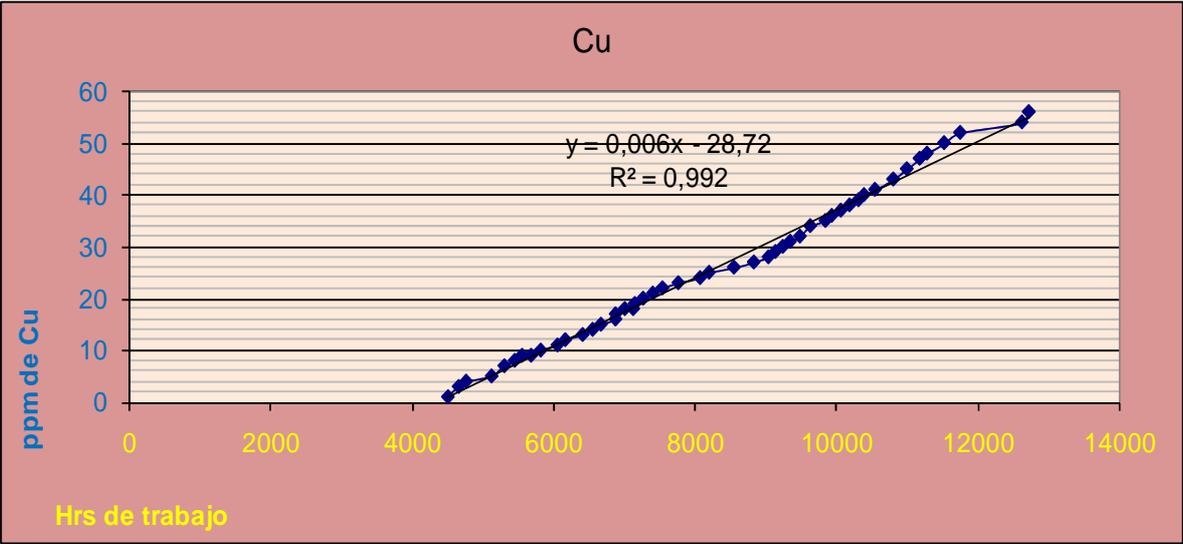
TIPO	SIMPLE	ACELERADA	
		DEFLAGRACIÓN	DETONACIÓN
<b>Requiere</b>	Materias oxidantes y combustibles	<b>Oxidante + combustible + sensibilizador</b>	
<b>Produce</b>	Calor, humos, vapor de agua, cenizas	Calor, humos, gases, vapor de agua, cenizas	Calor, gases, vapor de agua, cenizas y onda de choque
<b>Reacción</b>	<b>Lenta</b> (varios minutos), disipante, sin presión	<b>Rápida</b> (segundos), expansión gases: mediana a fuerte P (más empuje que impacto). Tiende a disiparse rápidamente	<b>Violenta</b> (milésimas segundos); expansión de gases: altas P y T; asociado con ondas de choque autosostenida
<b>Trabajo</b>	Combustión o llama abierta	Mayormente expansivo y empujador	Impacto fuertemente triturador y expansivo
<b>Ejemplos</b>	Con carbón, madera, cigarrillo, gas doméstico	Pólvora, ANFO débilmente iniciado o mal preparado	Altos explosivos, dinamitas, emulsiones, TNT

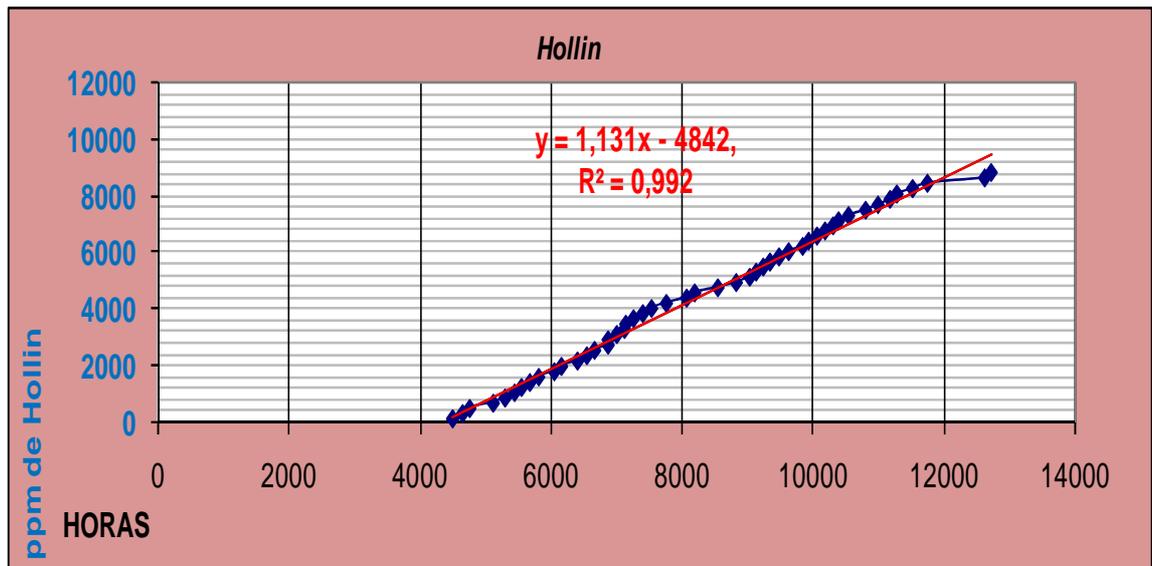
**Tabla No 12 Combustión de los explosivos (Exsa Perú, 2008)**

### 8.2.5. GASES PRODUCIDOS POR EQUIPOS DIESEL

En *la tabla No 13* se puede ver límites que son normalmente aceptados en la industria para motores a diesel, independiente de la marca. Estos límites también son muy altos para ser considerados como parte de un plan de mantenimiento proactivo.

Contaminantes	Normal	Anormal	Critico
<b>Fe</b> Hierro ( <b>Iron</b> )	<100 ppm	100 a 200 ppm	>200 ppm
<b>Pb</b> Plomo ( <b>Lead</b> )	<30 ppm	30 a 75 ppm	>75 ppm
<b>Cu</b> Cobre ( <b>Copper</b> )	<30 ppm	30 a 75 ppm	>75 ppm
<b>CR</b> Cromo ( <b>Chromium</b> )	<10 ppm	10 a 25 ppm	>25 ppm
<b>Al</b> Aluminio ( <b>Aluminum</b> )	<20 ppm	20 a 30 ppm	>30 ppm
<b>Ni</b> Níquel ( <b>Níckel</b> )	<10 ppm	10 a 20 ppm	>20 ppm
<b>Ag</b> Plata ( <b>Silver</b> )	<3 ppm	3 a 15 ppm	>15 ppm
<b>Sn</b> Estaño ( <b>Tin</b> )	<20 ppm	20 a 30 ppm	>30 ppm
<b>Na</b> Sodio ( <b>Sodium</b> )	<50 ppm	50 a 200 ppm	>200 ppm
<b>Si</b> Silicio ( <b>Silicon</b> )	<20 ppm	20 a 50 ppm	>50 ppm
Dilución por combustible ( <b>Fuel</b> )	<2%	2 a 6%	>6%
Hollín ( <b>Soot</b> )	<2%	2 a 6%	>6%





**Fig No 33 Análisis de aceite en motor Deutz BF4M1013C (Mina Poopó, 2008)**

Según (Deutz Corporation) la emisión de gas esta en función de la potencia del motor en Kw y el gas que expulsa por cada Kw

$$Q_{ge} = q * P_u$$

$Q_{ge}$  = Caudal total de emisión de gas ( $m^3/s$ )

$q$ . = Gas expulsado por 1 Kw valor aproximado 0.0006

$P_u$  = Potencia del motor Kw

Para volquete Dux DT-12  $Q_{ge} = 0.07 (m^3/s) = 148 \text{ cfm}$

Para Scoop 151-D  $Q_{ge} = 0.04 (m^3/s) = 85 \text{ cfm}$

Para Scoop LH3  $Q_{ge} = 0.05 (m^3/s) = 106 \text{ cfm}$

En el siguiente cuadro se puede observar que si se tiene una deficiencia de oxigeno el gas CO que es el mas letal en minería subterránea se incrementa notablemente.

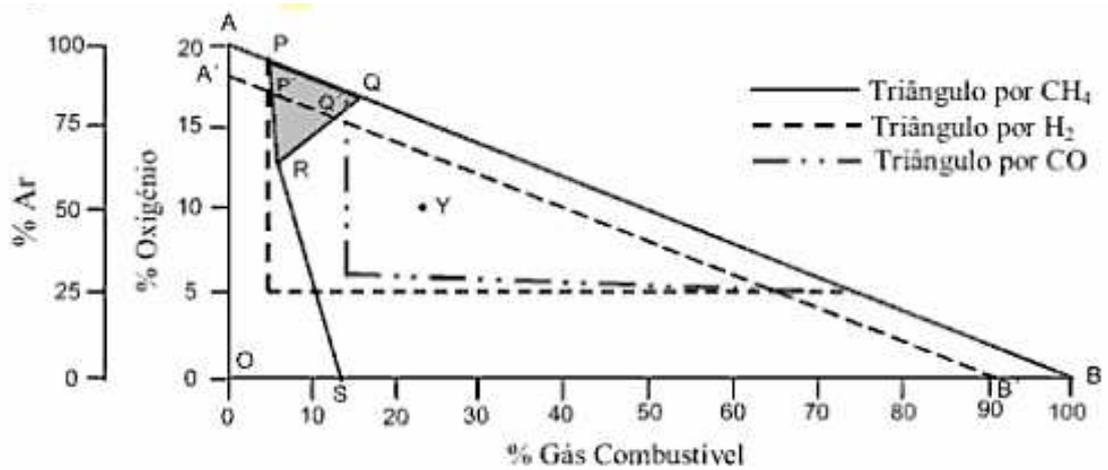
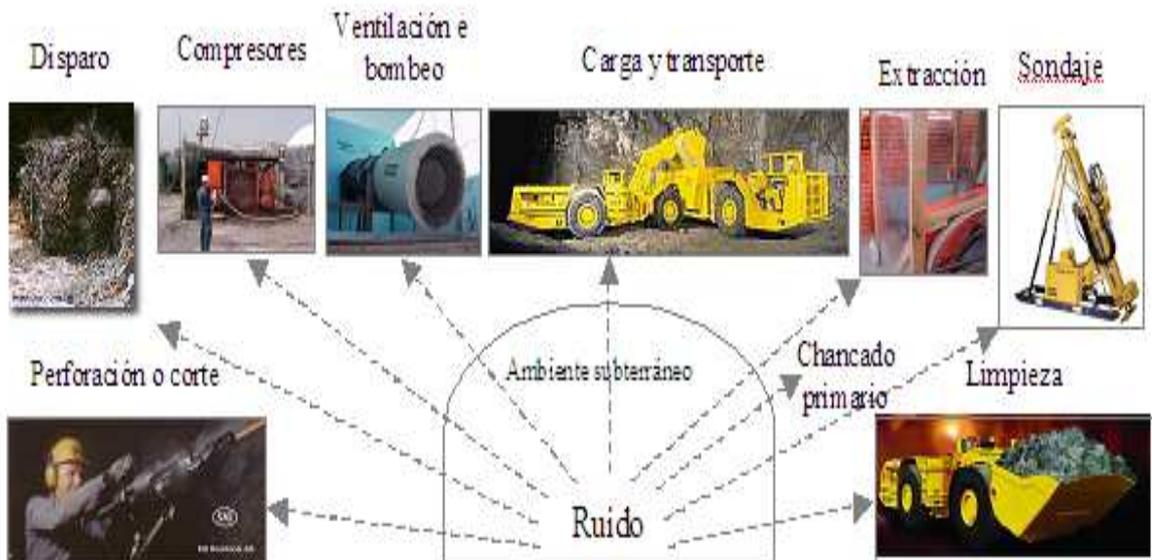


Figura No 34 Triángulo de Coward para metano, hidrogeno y monóxido de carbono

### 8.3. ANALISIS DEL RUIDO

Los ruidos en interior mina provienen de diferentes actividades y equipos mina como se ve en la **figura No 35**



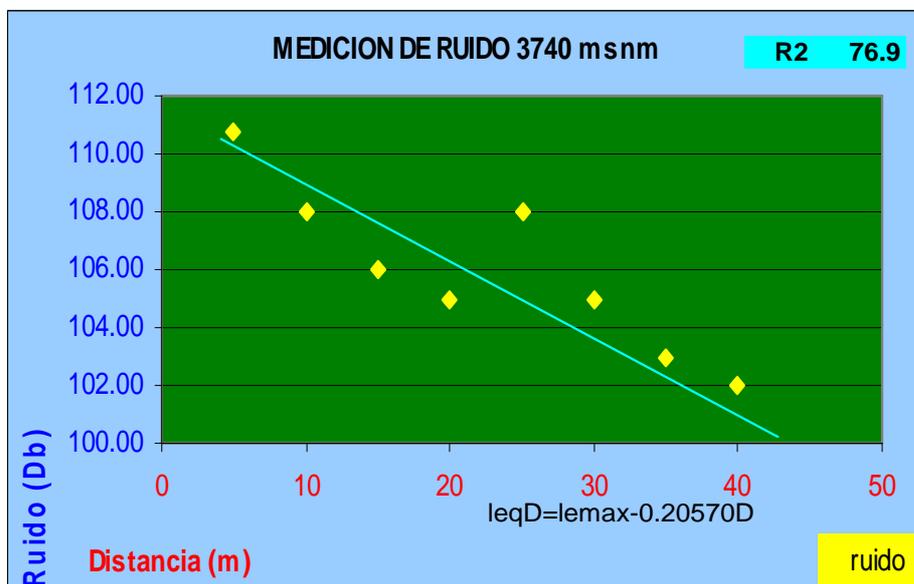
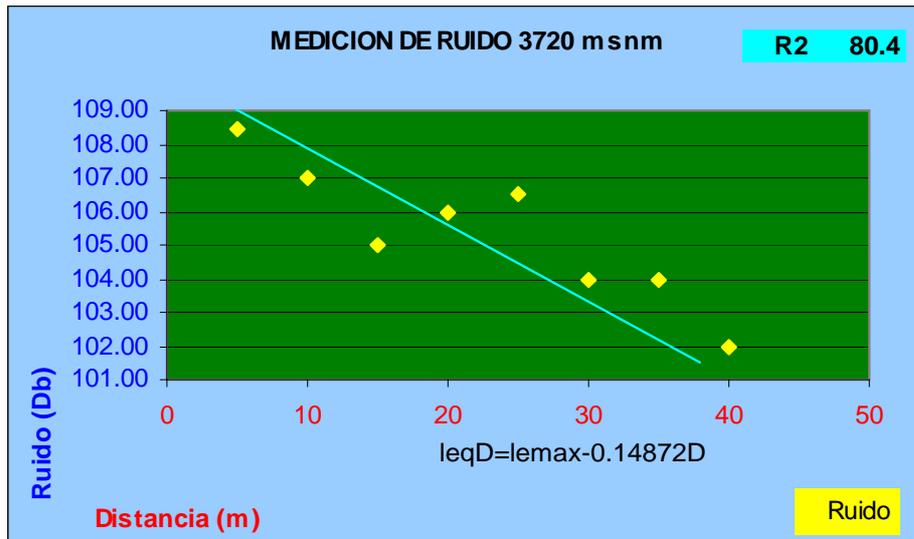
### 8.3.1 MATRIZ DE DETERMINACION DEL RUIDO (MINA POPOO)

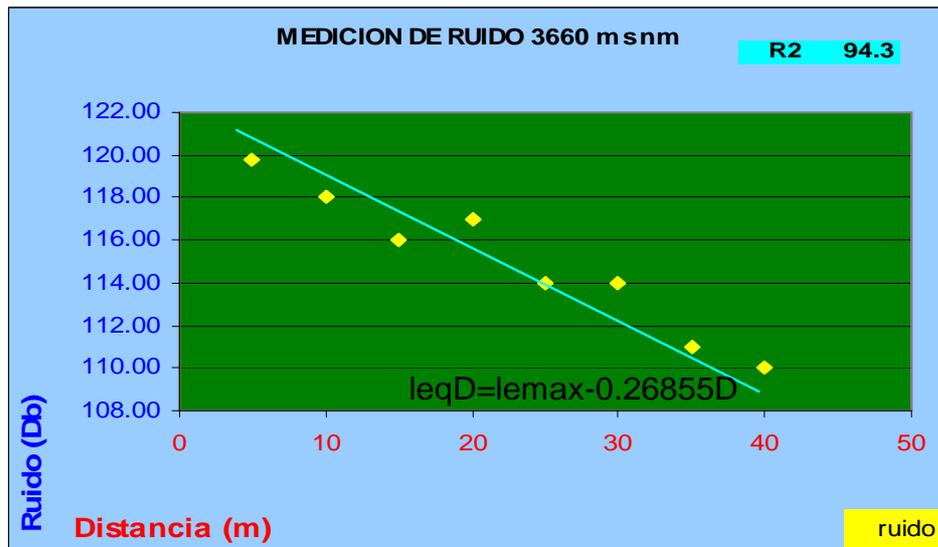
#### HORAS DE PERMANENCIA EN LABORES

LUGAR DE TRABAJO	CTTO	ACTIVIDAD	Elevación (msnm)	No Pers.	Hrs de trabajo			Ruido Db
					Dia	Mes	Año	
RAMPA -110 (ZONA NORTE)	100		3650	3	2.5	62.5	750	122.2
N-1A-N	150	Perforación	3710	2	2.5	62.5	750	148.8
SN 3C S	152	Perforación	3650	2	2.5	62.5	750	119.6
SN 3D N	153	Perforación	3750	2	2.5	62.5	750	116.8
SN 1B N	151	Perforación	3720	2	2.5	62.5	750	108.3
SN 3D S	154	Perforación	3660	2	2.5	62.5	750	118.5
CHIMENEA DE PRODUCCIÓN	107	Perforación	Diferentes	2	2.5	62.5	750	119.8
CHIMENEA DE VENTILACIÓN-ORE PASS	108	Perforación	Diferentes	2	2.5	62.5	750	116.8
SN-1C-S	120	Perforación	3740	2	5	60	720	110.3
SN-1C-S	119	Perforación	3740	2	5	60	720	110.2
N-1B-N	117	Perforación	3720	2	5	60	720	108.5
N-1B-S	118	Perforación	3720	2	5	60	720	108.9
N-1A-N	115	Perforación	3710	2	5	60	720	106.7
N-1A-N	116	Perforación	3710	2	5	60	720	102.2
N-2D-N	123	Perforación	3700	2	5	60	720	117.4
N-2D-S	124	Perforación	3700	2	5	60	720	113.2
N- 3D-N	122	Perforación	3660	2	5	60	720	119.8
N-1A-S	121	Perforación	3710	2	5	60	720	102.3
LIMPIA CON SCOOP	160	Op. Scoop	Diferentes	1	6	150	1800	102.3
LIMPIA CON SCOOP	161	Op. Scoop	Diferentes	1	6	150	1800	102.3
LIMPIA CON SCOOP	164	Op. Scoop	Diferentes	1	6	150	1800	102.3
LIMPIA CON SCOOP	165	Op. Scoop	Diferentes	1	6	150	1800	102.3
LIMPIA CON SCOOP	167	Op. Scoop	Diferentes	1	6	150	1800	102.3
LIMPIA CON SCOOP	168	Op. Scoop	Diferentes	1	6	150	1800	102.3
TRANSPORTE CON VOLQUETA	181	OP. Volquete	Diferentes	1	6	150	1800	99.0
TRANSPORTE CON VOLQUETA	180	OP. Volquete	Diferentes	1	6	150	1800	99.0
TRANSPORTE CON VOLQUETA	182	OP. Volquete	Diferentes	1	6	150	1800	99.0
TRANSPORTE CON VOLQUETA	183	OP. Volquete	Diferentes	1	6	150	1800	99.0
TRANSPORTE CON VOLQUETA	184	OP. Volquete	Diferentes	1	6	150	1800	99.0
TRANSPORTE CON VOLQUETA	185	OP. Volquete	Diferentes	1	6	150	1800	99.0
Servicios	193	Cañerista	Diferentes	2	3	75	900	115.3
Servicios		Bombero	Diferentes	1	6	150	1800	93.9
Servicios		Bombero	Diferentes	1	6	150	1800	93.9
Servicios		Bombero	Diferentes	1	6	150	1800	93.9
Servicios		Lamp/Comp.	Diferentes	1	2	50	600	88
Servicios		Lamp/Comp.	Diferentes	1	2	50	600	88
Servicios		Lamp/Comp.	Diferentes	1	2	50	600	88
POLVORINERO MINA		Servicios	Diferentes	1	1	25	300	80
OPERADOR PALA/CHOFER MINA		Servicios	Diferentes	1	2	50	600	87
Perforacion		Jefe Punta	Diferentes	3	6	150	1800	115.3
Perforacion		Seccionales	Diferentes	2	6	150	1800	115.3
Perforacion		Geologos	Diferentes	2	6	150	1800	115.3
Perforacion		Mec. Diesel	Diferentes	2	6	150	1800	115.3
Perforacion		Mec. Mina	Diferentes	2	6	150	1800	115.3
Perforacion		Electricos	Diferentes	2	6	150	1800	115.3
Perforacion		Mensurista	Diferentes	1	6	150	1800	115.3
Perforacion		Alarife	Diferentes	2	6	150	1800	115.3

**Tabla No 14 datos de ruido en diferentes actividades mina Poopó**

Se puede apreciar que el ruido es más significativo cuando más profundo se encuentra una labor, se considera que el área varía entre 9 a 6.1 m2. Estas mediciones también incluyen a los lugares de extracción. Con estas formulas encontradas se puede determinar la distancia de atenuación en Mina Poopó.





**Fig No 35 Resultados de mediciones del ruido mina Poopó**

### 8.3.2. PARTICULARIDADES DEL RUIDO EN ABERTURAS SUBTERRANEAS

Las propagaciones de ondas en aberturas subterráneas son de dos tipos: directas y reflectivas.



Es importante determinar la distancia de atenuación del ruido, según (Howes, M.J. 1982) tenemos:

$$L_{ds} = 12.6(P / A)d^{0.8}a^{1.4}$$

Donde:

$L_{ds}$  = Presión sonora en (Db)

P = Perímetro de la excavación (m)

- A = Sección de abertura ( $m^2$ )  
d = Distancia del frente del sonido (m)  
a = Coeficiente de absorción

Frecuencia de banda media (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Coeficiente de absorción (a)	0.05	0.1	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16

Coeficientes de absorción del sonido en labores subterráneas (Howes, M.J.,1982)

Si se considera una frecuencia de 1000 Hz, para las diferentes áreas que se tienen en trabajo en mina Poopó se tiene: **tabla No 15 resultados presión sonora**

$L_{ds}$	P	A	d	a	$d^{0.8}$	$a^{1.4}$
0.68	12	9	0.5	0.15	0.57	0.07
1.18	12	9	1.0	0.15	1.00	0.07
1.63	12	9	1.5	0.15	1.38	0.07
2.05	12	9	2.0	0.15	1.74	0.07
2.46	12	9	2.5	0.15	2.08	0.07
2.84	12	9	3.0	0.15	2.41	0.07
3.21	12	9	3.5	0.15	2.72	0.07

d	P	A	$L_{ds}$	a	$a^{1.4}$
356.97	12	9	130.0	0.15	0.07
322.98	12	9	120.0	0.15	0.07
289.70	12	9	110.0	0.15	0.07
257.16	12	9	100.0	0.15	0.07
225.43	12	9	90.0	0.15	0.07
194.57	12	9	80.0	0.15	0.07
164.66	12	9	70.0	0.15	0.07

Determinación de la Presión Sonora f(d) infraestructura mina

Determinación de la distancia de atenuación del ruido f(presión sonora) infraestructura mina

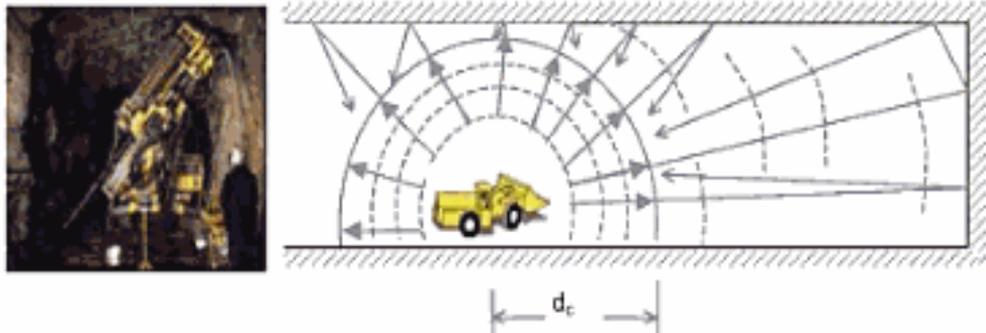
$L_{ds}$	P	A	d	a	$d^{0.8}$	$a^{1.4}$
0.82	10	6.21	0.5	0.15	0.57	0.07
1.42	10	6.21	1.0	0.15	1.00	0.07
1.97	10	6.21	1.5	0.15	1.38	0.07
2.48	10	6.21	2.0	0.15	1.74	0.07
2.97	10	6.21	2.5	0.15	2.08	0.07
3.43	10	6.21	3.0	0.15	2.41	0.07
3.88	10	6.21	3.5	0.15	2.72	0.07

d	P	A	$L_{ds}$	a	$a^{1.4}$
281.95	10	6.21	130.0	0.15	0.07
255.10	10	6.21	120.0	0.15	0.07
228.81	10	6.21	110.0	0.15	0.07
203.11	10	6.21	100.0	0.15	0.07
178.05	10	6.21	90.0	0.15	0.07
153.68	10	6.21	80.0	0.15	0.07
130.05	10	6.21	70.0	0.15	0.07

Determinación de la Presión Sonora f(d) desarrollo secundario

Determinación de la distancia de atenuación del ruido f(presión sonora) desarrollo

Se puede determinar también la distancia crítica producida por el ruido, de la siguiente manera:



**Fig No 36 Análisis del sonido (distancia crítica)**

$$d_c = 0.14 \left[ \frac{S_c \alpha}{1 - \alpha} \right]^{0.5} = 0.14(A)^{0.5}$$

$$d_{ave} = 0.2 \left[ \frac{S_c \alpha}{1 - \alpha} \right]^{0.5} = 0.2(A)^{0.5}$$

**Distancia crítica de un frente**

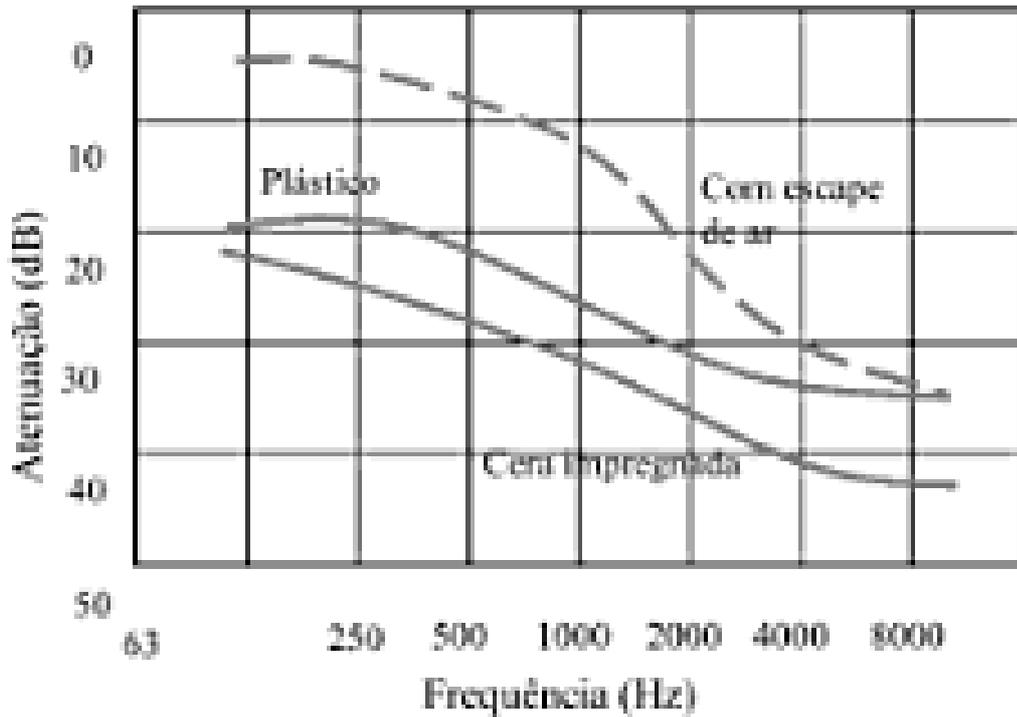
Infraestructura: sección 9 m<sup>2</sup>  
 Desarrollo secundario: 6.21 m<sup>2</sup>

Esferico	
A	d <sub>c</sub>
9	0.42
6.21	0.35

Semi esferico	
A	d <sub>el</sub>
9	0.6
6.21	0.50

Los protectores auditivos reducen el nivel del ruido entre 10 a 45 Db según el modo de operación y los tipos de auditivos, existen cuatro tipos que son:

- Tapón de oído, insertado en el canal del oído
- Semi insertado, cercano a la entrada del canal del oído
- Orejeras, cubre totalmente la oreja
- Casco con orejas, cubre totalmente la oreja



**Fig No 37 Atenuación del ruido por tapón de oídos**

**8.3.3 CALCULO TEORICO DEL RUIDO PARA EQUIPOS MINA:**

El nivel de presión sonora para maquinas perforadoras es calculado en función del consumo de aire comprimido (m<sup>3</sup>/s). Según Howes, M.J., (1982)

Frecuencia de banda media	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Corrección Db	-20	-12	-5	-5	-10	-12	-13	-15

El nivel de presión sonora para perforadoras neumáticos L<sub>m</sub> (dB) puede ser calculado en función del consumo de aire comprimido Q (m<sup>3</sup>/s).

$$L_m = 140 + 10 \log Q$$

Para máquinas con motor diesel, el nivel de presión sonora del sistema de escape del motor L<sub>de</sub> (dB) se calcula considerando el sistema motor, también para L<sub>dm</sub> (dB) se debe tomar en cuenta la variable del motor P<sub>m</sub> (KW).

$$L_{de} = 110 + 10 \log P_m$$

$$L_{dm} = 110 + 8 \log P_m$$

Para ventiladores principales o nivel de presión sonora  $L_v$  (dB) es determinado en función de la potencia del motor  $P_{mv}$  (KW), de la presión estática  $H_v$  (Kpa) y del caudal de aire  $Q_v$  (m<sup>3</sup>/s) utilizando cualquiera de las ecuaciones siguientes.

$$L_v = 97 + 10 \log P_{mv} + 10 \log H_v$$

$$L_v = 100 + 10 \log Q_v + 20 \log H_v$$

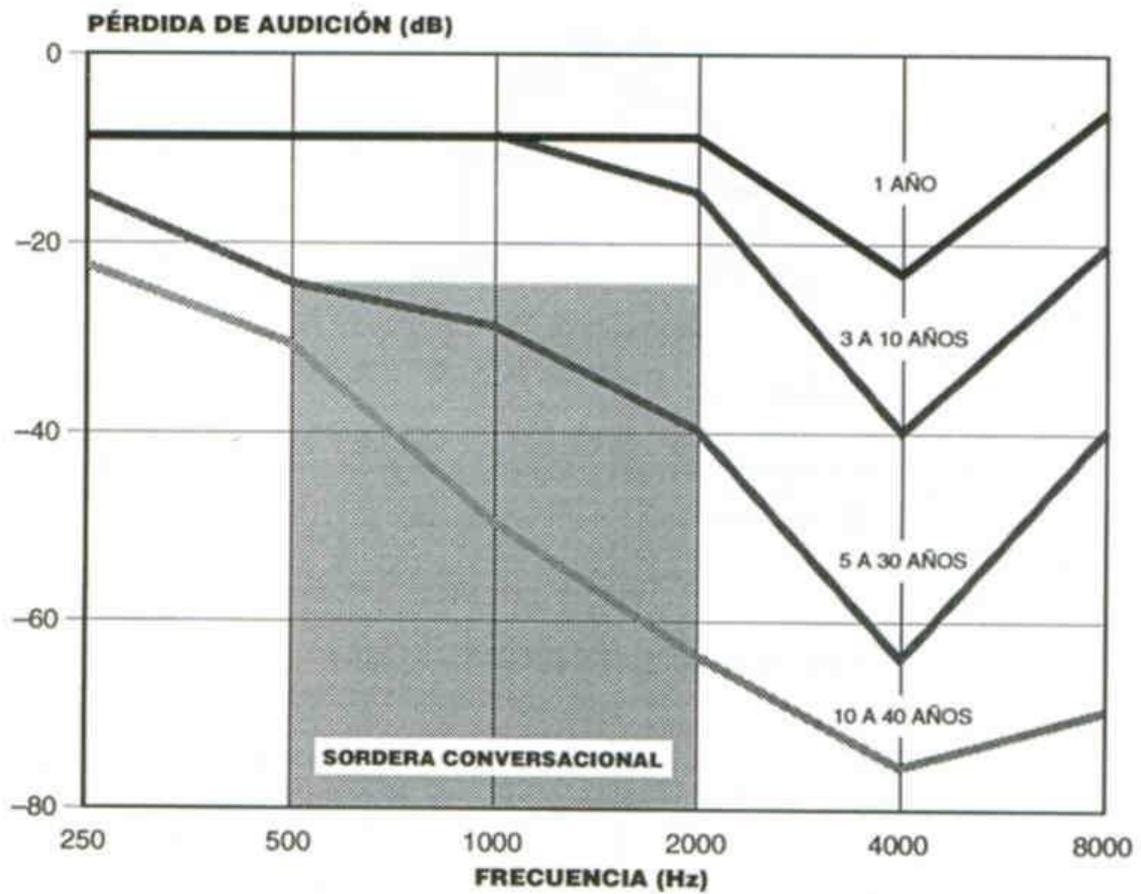
$$L_v = 95 + 20 \log P_{mv} + 10 \log Q_v$$

Frecuencia de banda media Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Flujo Axial	-7	-9	-7	-7	-8	-11	-16	-18
Centrifuga: Paleta al frente	-4	-6	-6	-11	-13	-16	-19	-22
Paleta atrás	-2	-6	-13	-18	-19	-22	-25	-30
Paleta radial	-3	-5	-11	-12	-15	-20	-23	-26

**Tabla No 16 valores aplicables para el cálculo de ventiladores**

$L_m$ (Db)	$P_m$ (Kw)	Log $P_m$	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	Log $Q$	1000 Hz	Tipo maquina
118.64			0.07	-1.14	-10	Perforadora Secam S-250
130.66	116.33	2.07				Volquete Dux DT-12 (escape motor)
132.87	116.33	2.29				Volquete Dux DT-12 (motor)
127.97	62.64	1.80				Scoop Toro 151 - D (escape motor)
129.90	62.64	1.99				Scoop Toro 151 - D (motor)
83.05	44.74	1.65	25.01	1.40	-15	Ventilador de 60 Hp
82.50	74.57	1.87	4.25	0.63	-15	Ventilador de 100 Hp
82.69	29.83	1.47	16.52	1.22	-15	Ventilador de 40 Hp

**Tabla No 17 Determinación de la presión sonora en Mina Poopó**



EL TIEMPO REAL DE APARICIÓN DE CADA FASE DEPENDE DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO Y DE LA SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL

**Fig No 38 análisis de pérdida de la audición**

## 8.4 ANALISIS DE ILUMINACION SUBTERRANEA

### MATRIZ DE DETERMINACION DE LA ILUMINACION MINA POOPO

LUGAR DE TRABAJO	CTTO	ACTIVIDAD	Elevación (msnm)	ILUMINACION (Lux) (1m)	
				Max.	Min
RAMPA -110 (ZONA NORTE)	100		3650	578	285
N-1A-N	150	Perforación	3710	580	202
SN 3C S	152	Perforación	3650	450	200
SN 3D N	153	Perforación	3750	420	230
SN 1B N	151	Perforación	3720	254	71
SN 3D S	154	Perforación	3660	400	220
CHIMENEA DE PRODUCCIÓN	107	Perforación	Diferentes	320	130
CHIMENEA DE VENTILACIÓN-ORE PASS	108	Perforación	Diferentes	350	160
SN-1C-S	120	Perforación	3740	275	230
SN-1C-S	119	Perforación	3740	275	230
N-1B-N	117	Perforación	3720	254	71
N-1B-S	118	Perforación	3720	254	71
N-1A-N	115	Perforación	3710	96	60
N-1A-N	116	Perforación	3710	96	60
N-2D-N	123	Perforación	3700	448	350
N-2D-S	124	Perforación	3700	430	320
N- 3D-N	122	Perforación	3660	560	230
N-1A-S	121	Perforación	3710	96	60
LIMPIA CON SCOOP	160	Op. Scoop	Diferentes	450	430
TRANSPORTE CON VOLQUETA	181	OP. Volquete	Diferentes	600	570
Servicios	193	Cañerista	Diferentes	560	540
Servicios		Bombero	Diferentes	590	580
Servicios		Bombero	Diferentes	590	580
Servicios		Bombero	Diferentes	590	580
Perforacion		Jefe Punta	Diferentes	500	450
Perforacion		Seccionales	Diferentes	500	450
Perforacion		Geologos	Diferentes	450	430
Perforacion		Mec. Diesel	Diferentes	450	430
Perforacion		Mec. Mina	Diferentes	450	430
Perforacion		Electricos	Diferentes	450	430
Perforacion		Mensurista	Diferentes	450	430
Perforacion		Alarife	Diferentes	450	430

ZONAS, ACTIVIDADES, TAREAS	ISO 8995/89 GAMA DE VALORES LUX	OGSHT VALORES MÍNIMOS LUX
ÁREAS DE TRABAJO O DE CIRCULACIÓN EXTERIOR	20 - 30 - 50	20
ÁREAS DE CIRCULACIÓN: ORIENTACIÓN O ESTANCIAS CORTAS	50 - 100 - 150	50
ÁREAS NO UTILIZADAS PARA TRABAJAR	100 - 150 - 200	100
TAREAS CON EXIGENCIAS VISUALES ESCASAS	200 - 300 - 500	200
TAREAS CON EXIGENCIAS VISUALES MEDIAS	300 - 500 - 750	300
TAREAS CON EXIGENCIAS VISUALES	500 - 750 - 1000	500 A 1000
TAREAS CON EXIGENCIAS VISUALES DIFÍCILES	750 - 1000 - 1500	
TAREAS CON EXIGENCIAS VISUALES PARTICULARES	1000 - 1500 - 2000	
TAREAS QUE REQUIEREN UNA PRECISIÓN VISUAL GRANDE	> 2000	1000

**Tabla No 18 Niveles de iluminación según (Santiago Español 2002)**

## 8.5 ANALISIS DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN MINA POOPO

Matriz de evaluación de temperatura y humedad en mina Poopó

LUGAR DE TRABAJO	CTTO	ACTIVIDAD	Elevación	TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]
			(msnm)		
RAMPA -110 (ZONA NORTE)	100	Perforación	3650	27.1	99.9
N-1A-N	150	Perforación	3710	26.4	99.8
SN 3C S	152	Perforación	3650	27.5	99.9
SN 3D N	153	Perforación	3750	26.5	99.1
SN 1B N	151	Perforación	3720	26.3	99.2
SN 3D S	154	Perforación	3660	26.7	99.7
CHIMENEA DE PRODUCCIÓN	107	Perforación	Diferentes	27	99
CHIMENEA DE VENTILACIÓN-ORE PASS	108	Perforación	Diferentes	27	99
SN-1C-S	120	Perforación	3740	24.2	99.9
SN-1C-S	119	Perforación	3740	24.2	99.9
N-1B-N	117	Perforación	3720	25.9	98.9
N-1B-S	118	Perforación	3720	26.1	99.9
N-1A-N	115	Perforación	3710	26.4	99.8
N-1A-N	116	Perforación	3710	26.4	99.8
N-2D-N	123	Perforación	3700	22.8	80.3
N-2D-S	124	Perforación	3700	25.4	93.6
N- 3D-N	122	Perforación	3660	26.5	99.1
N-1A-S	121	Perforación	3710	26.8	99.8
LIMPIA CON SCOOP	160	Op. Scoop	Diferentes	27	99.5
TRANSPORTE CON VOLQUETA	181	OP. Volquete	Diferentes	25	96
Servicios	193	Cañerista	Diferentes	25	96
Servicios		Bombero	Diferentes	25	96



**Fig No 39 Temperatura por niveles en mina Poopó**

según (Vidal Felix Navarro Torres, 2005) se puede determinar la variación de temperatura que se genera en interior mina en relación a la temperatura exterior

$$T_{TS} = 0.2005TE - 1.1305, \text{ para } TE \geq 6^{\circ}\text{C}$$

TE = Temperatura exterior

Para el caso de Poopó se tomará en cuenta un promedio de 12<sup>o</sup> C, se tiene una variación de 1.28<sup>o</sup>C, como se puede ver en los nuestros datos la variación es de 0.6<sup>o</sup>C. El problema es que la temperatura en interior mina es mayor.

Para determinar la temperatura de confort en las diferentes labores en mina Poopó se utilizara la formula determinada por (Vidal Felix Navarro Torres, 2005) con la cual se realiza una comparación versus los datos obtenidos en interior mina.

$$T_s = T_e + [20.461 / (1 + 2.97Q)] + 29.025/Q, \text{ para } T_e < 29^{\circ}\text{C}$$

Te = Temperatura de entrada °C

Ts = Temperatura de salida °C

Q = Caudal que se requiere en el frente (m3/s)

Q	Ts	Te
12.4	26.5	29.4
12.4	26.3	29.2
12.4	22.8	25.7
12.4	27.1	30.0

**Tabla No 19 Determinación de la temperatura de entrada caso Poopó**

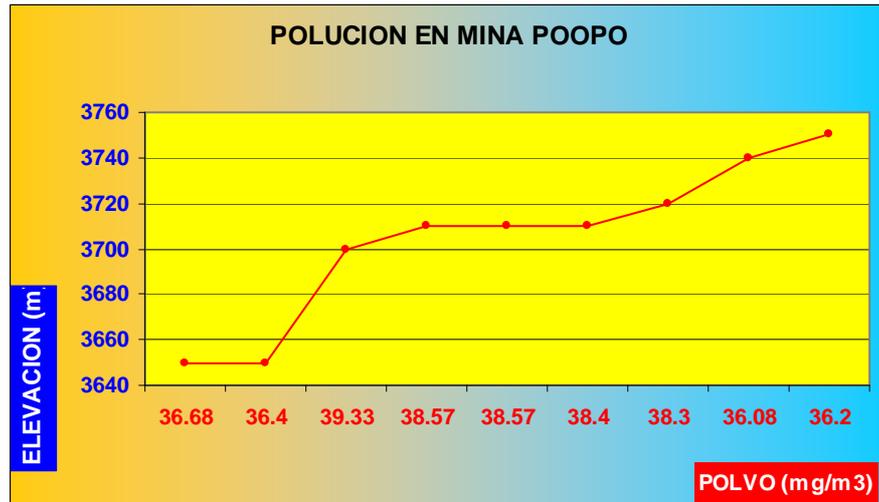
Se puede ver que por cálculo las temperaturas y humedad se encuentran por encima de los **límites máximos permisibles tabla No 20**

Temperaturas (°c)	Niveis de <b>impacte ambiental</b>		
	Leve ▽	Moderado ⊗	Alto ◆
Seca ( $t_s$ )	$31 < t_s \leq 33$	$33 < t_s \leq 35$	$t_s > 35$
Húmeda ( $t_h$ )	$26 < t_h \leq 28$	$28 < t_h \leq 30$	$T_h > 30$

## 8.6 ANALISIS DEL POLVO

Matriz de mediciones del polvo en diferentes actividades en mina Poopó

LUGAR DE TRABAJO	CTTO	ACTIVIDAD	Elevación	POLVO [mgr/m3]
			(msnm)	
RAMPA -110 (ZONA NORTE)	100	Perforación	3650	99.9
N-1A-N	150	Perforación	3710	99.8
SN 3C S	152	Perforación	3650	99.9
SN 3D N	153	Perforación	3750	99.1
SN 1B N	151	Perforación	3720	99.2
SN 3D S	154	Perforación	3660	99.7
CHIMENEA DE PRODUCCIÓN	107	Perforación	Diferentes	99
CHIMENEA DE VENTILACIÓN-ORE PASS	108	Perforación	Diferentes	99
SN-1C-S	120	Perforación	3740	99.9
SN-1C-S	119	Perforación	3740	99.9
N-1B-N	117	Perforación	3720	98.9
N-1B-S	118	Perforación	3720	99.9
N-1A-N	115	Perforación	3710	99.8
N-1A-N	116	Perforación	3710	99.8
N-2D-N	123	Perforación	3700	80.3
N-2D-S	124	Perforación	3700	93.6
N- 3D-N	122	Perforación	3660	99.1
N-1A-S	121	Perforación	3710	99.8
LIMPIA CON SCOOP	160	Op. Scoop	Diferentes	99.5
TRANSPORTE CON VOLQUETA	181	OP. Volquete	Diferentes	96
Servicios	193	Cañerista	Diferentes	96
Servicios		Bombero	Diferentes	96



**Fig No 40 Variación de la concentración de polvo en los diferentes niveles**

La concentración del polvo varia con la velocidad del aire según (Anon, 1974) se puede indicar la siguiente relación:

$$C = aV^2 - bV + c$$

C = Concentración del polvo

V = Velocidad del aire ( m/s)

D = Diámetro de las partículas (Um)

Diametro de partículas (Um)	a	b	c
< 2	3.4509	18.066	32.394
2 - 5	11.339	54.927	89.453
5 - 10	47.333	190.99	286.4

**Tabla No 21 Constantes de cálculo según el tamaño de las partículas**

Valores de coeficientes a,b y c en función de la velocidad del aire (Anon, 1974)

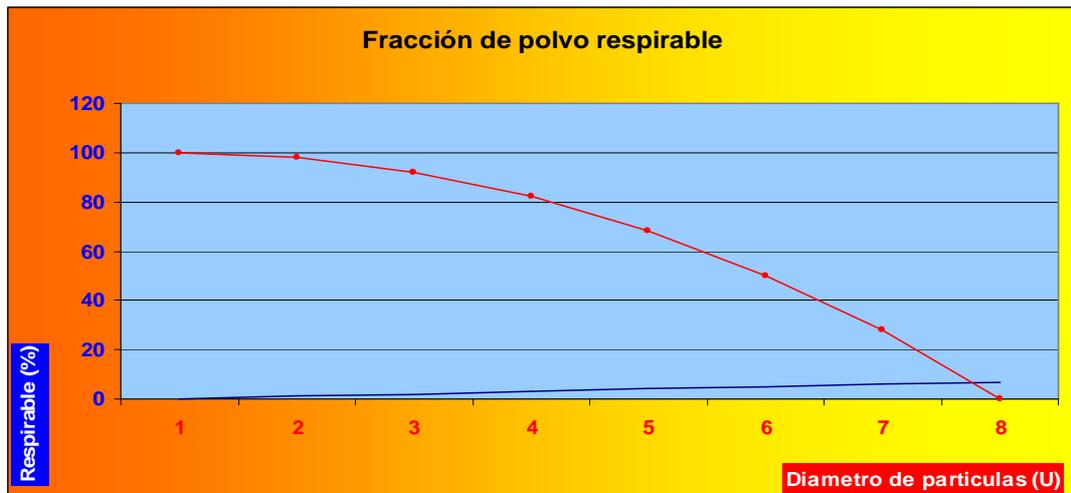
Concentración del polvo para diferentes diámetros de partículas y velocidades del aire

<b>C</b>	<b>D</b>	<b>V</b>
24.22	0.5	0.5
64.82	2.0	0.5
202.74	5.0	0.5
17.78	0.5	1.0
45.87	2.0	1.0
142.74	5.0	1.0
13.06	0.5	1.5
32.58	2.0	1.5
106.41	5.0	1.5
10.07	0.5	2.0
24.96	2.0	2.0
93.75	5.0	2.0
8.80	0.5	2.5
23.00	2.0	2.5
104.76	5.0	2.5
9.25	0.5	3.0
26.72	2.0	3.0
139.43	5.0	3.0
11.44	0.5	3.5
36.11	2.0	3.5
197.76	5.0	3.5
15.34	0.5	4.0
51.17	2.0	4.0
279.77	5.0	4.0

**Tabla No 22 Concentración del polvo para diferentes diámetros y velocidades del aire**

El polvo respirable en función del diámetro de las partículas se muestra en el siguiente **tabla No 23**

<b>Diametro equivalente de particulas (U)</b>	<b>Respirable (%)</b>
0	100
1	98
2	92
3	82
4	68
5	50
6	28
7	0



**Fig No 41 Fracción de polvo respirable**  
 (<http://www.nohsc.gov.au/ohsinformation>)

### 8.7.- REQUERIMIENTO DE AIRE EN INTERIOR MINA

Las necesidades de aire al interior de la mina, deben ser determinadas en base al

Personal y el número de equipos que trabajan al interior de las labores en los niveles que componen la mina, además de conocer el método de explotación.

El cálculo de las necesidades, permitirá ventilar las labores mineras en forma eficiente, mediante un control de flujos tanto de inyección de aire fresco, como de extracción de aire viciado. Esto permite diluir y extraer el polvo en suspensión, gases producto de la tronadura o de la combustión de los vehículos.

Para determinar el requerimiento de aire total se utilizan los siguientes parámetros

Operacionales:

### 8.7.1.- CAUDAL REQUERIDO POR EL NUMERO DE PERSONAS

Se exige una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto (3 m<sup>3</sup>/ min.) por persona, en cualquier sitio del interior de la mina.

$$Q = F \times N \text{ (m}^3/\text{ min.)}$$

Donde:

Q = Caudal total para "n" personas que trabajen en interior mina (m<sup>3</sup>/ min.)

F = Caudal mínimo por persona (3 m<sup>3</sup>/ min.)

N = Número de personas en el lugar.

No personas = 100

$$Q = 300 \text{ (m}^3/\text{ min.)}$$

$$Q = 10594 \text{ cfm}$$

### 8.7.2.- CAUDAL REQUERIDO POR EL DESPRENDIMIENTO DE GASES SEGÚN NORMA CHILENA

$$Q = 0.23 \times q \text{ (m}^3/\text{ min.)}$$

Donde:

Q = Caudal de aire requerido por desprendimiento de gases durante 24 horas

q = volumen de gas que se desprende en la mina durante las 24 horas

Para volquete Dux DT-12  $Q_{ge} = 0.07 \text{ (m}^3/\text{s)} = 4.2 \text{ (m}^3/\text{min)}$

Para Scoop 151-D  $Q_{ge} = 0.04 \text{ (m}^3/\text{s)} = 2.4 \text{ (m}^3/\text{min)}$

Para Scoop LH3  $Q_{ge} = 0.05 \text{ (m}^3/\text{s)} = 3.0 \text{ (m}^3/\text{min)}$

$$Q = 0.23 \times (3 \times 4.2) + (2 \times 2.4) + (2 \times 3)$$

$$Q = 5.38 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

### 8.7.3.- CAUDAL REQUERIDO POR TEMPERATURA

Tomando en cuenta la legislación chilena según (Andrade Gallardo Sergio, 2008) donde señala que la temperatura húmeda máxima en el interior de la mina no podrá exceder de 30 ° C, para jornadas de trabajo de 8 horas.

Como norma para el cálculo del aire respecto a la temperatura, se dan los siguientes valores:

HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA SECA	VELOCIDAD MINIMA	CAUDAL
< ó = 85 %	24 a 30 ° C	30 m./min.	600m <sup>3</sup> /min.
> 85 %	> 30 ° C	120 m./min.	2240m <sup>3</sup> /min.

$$Q = 600 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q = 21189 \text{ cfm}$$

### 8.7.4.- CAUDAL REQUERIDO POR EL POLVO EN SUSPENSIÓN

La velocidad promedio en los lugares de trabajo no debe ser inferior a los quince metros por minuto (15 m./min.). Para lugares con alta generación de polvo, este valor puede ser considerado hasta un 100% mayor.

Hasta ahora, no hay método de cálculo aceptado por todos, que tome en cuenta el

polvo en suspensión. Pero, velocidades entre 30 a 45 m./min. son suficientes para mantener las áreas despejadas.

En Chile, la velocidad máxima permitida en galerías con circulación de personal es de 150 m/min. Reglamento de Seguridad Minera ("RSM").

### 8.7.5.- CAUDAL REQUERIDO POR LA PRODUCCION

Para minas metálicas, se debe tomar en cuenta el consumo de madera, ya que ésta fijará el porcentaje de CO<sub>2</sub> existente en la atmósfera.

El cálculo se basa sobre la suposición de que la cantidad de gas (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) que se desprende es proporcional a la producción, expresado en forma matemática:

$$Q = T \times u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

Q = Caudal requerido por toneladas de producción diaria (m<sup>3</sup>/min.)

u = norma de aire por tonelada de producción diaria expresada en (m<sup>3</sup>/min.)

T = Producción diaria en toneladas.

Para minas metálicas "u" con poco consumo de madera, varía entre 0,6 a 1 (m<sup>3</sup>/min). Si el consumo de madera es alto, puede llegar hasta 1,25 (m<sup>3</sup>/min )

Para el caso de mina Poopó se tiene:

Toneladas producidas diarias de mineral = 500 t/dia

Toneladas producidas diarias de caja = 200 t/dia

Tonelaje total = 700 t/dia

$$Q = 700 \text{ m}^3\text{/min}$$

$$Q = 24720 \text{ cfm}$$

### 8.7.6.- CAUDAL REQUERIDO POR CONSUMO DE EXPLOSIVO

En el cálculo de este caudal, se aplicará la siguiente relación:

$$Q = 100 \times A \times a \text{ (m}^3\text{/min) / (d \times t)}$$

Donde:

Q = Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m<sup>3</sup>/min.)

A = Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60% (Kg.)

a = Volumen de gases generados por cada Kg. de explosivo.

a = 0.04 (m<sup>3</sup>/Kg. de explosivo); valor tomado como norma general

d = % de dilución de los gases en la atmósfera, deben ser diluidos a no menos de 0.008 % y se aproxima a 0.01 %

t = tiempo de dilución de los gases (minutos); generalmente, este tiempo no es mayor de 30 minutos, cuando se trata de detonaciones corrientes.

Reemplazando en la fórmula tendremos:

$$Q = (0,04 \times A \times 100) / (30 \times 0,008) \text{ m}^3\text{/min}$$

Entonces, tendríamos finalmente:

$$Q = 16,67 \times A \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q = 16.67 \times 57 \text{ Kg} = 950 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q = 33902 \text{ cfm}$$

### 8.7.7.- CAUDAL REQUERIDO POR EQUIPO DIESEL

Se recomienda un mínimo de 2.83 (m<sup>3</sup>/min) por HP al freno del equipo para máquinas en buenas condiciones.

$$Q = (V \times c) / y \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

Q = volumen de aire necesario para la ventilación (m<sup>3</sup>/min)

V = volumen de gas de escape producido por el motor (m<sup>3</sup>/min)

c = concentración del componente tóxico, del gas de escape, que se considera en particular (% en volumen);

y = concentración máxima, higiénicamente segura, para el componente tóxico que se está considerando (% en volumen).

$$Q = ( 5.38 \times 12) / 0.5 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q = 129 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q = 4556 \text{ cfm}$$

En resumen podemos indicar que la necesidad de ventilación en la mina es:

$$Q = 94966 \text{ cfm}$$

Si consideramos un incremento del 30% por resistencia de galerías y otros se tendrá una necesidad de ventilación de 123456 cfm. Dato que es corroborado por la curva característica del ventilador.

## 8.8.- VENTILACION

La ventilación en interior mina se realiza con el siguiente equipo:

DETALLE DE VENTILADORAS											
Item	Ident. equip	Marca	Modelo	Caudal Aprox. CFM	Tipo	MOTOR ELECTRICO				Ubicación	Estado
						Potencia Kw	RPM	Volt.	Hrz		
1	1	S/Ref	S/Ref	18333	AXIAL	14.92	2900	440	50	RAMPA POSITIVA	REGULAR
2	2	S/Ref	S/Ref	18333	AXIAL	14.92	2900	440	50	ENTRANTE 2 36S	REGULAR
3	1	SERMITEC	SVAV-30-A12	27500	AXIAL	22.38	2900	440	50	CONTRAGALERIA NORTE -N2	BUENO
4	2	SERMITEC	SVAV-30-A12	27500	AXIAL	22.38	2900	440	50	RAMPA POOPO	BUENO
5	1	CIRIGLIANO	60KAF5066	53000	AXIAL	45	1400	440	50	CORRIDA NORTE N-1	BUENO
6	2	CIRIGLIANO	60KAF5066	53000	AXIAL	45	1400	440	50	RAMPA POOPO INGRESO	BUENO
7	1	S/Ref	S/Ref	75000	AXIAL	93.25	1450	440	50	PAMPA ROSARIO	BUENO
8	1	CIRIGLIANO	60KAF5066	100000	AXIAL	110	1450	440	50	CHIMENEA ALIMAK NIVEL 2 NORTE	BUENO

**Tabla No 24 Detalle de equipo de ventilación mina Poopó**

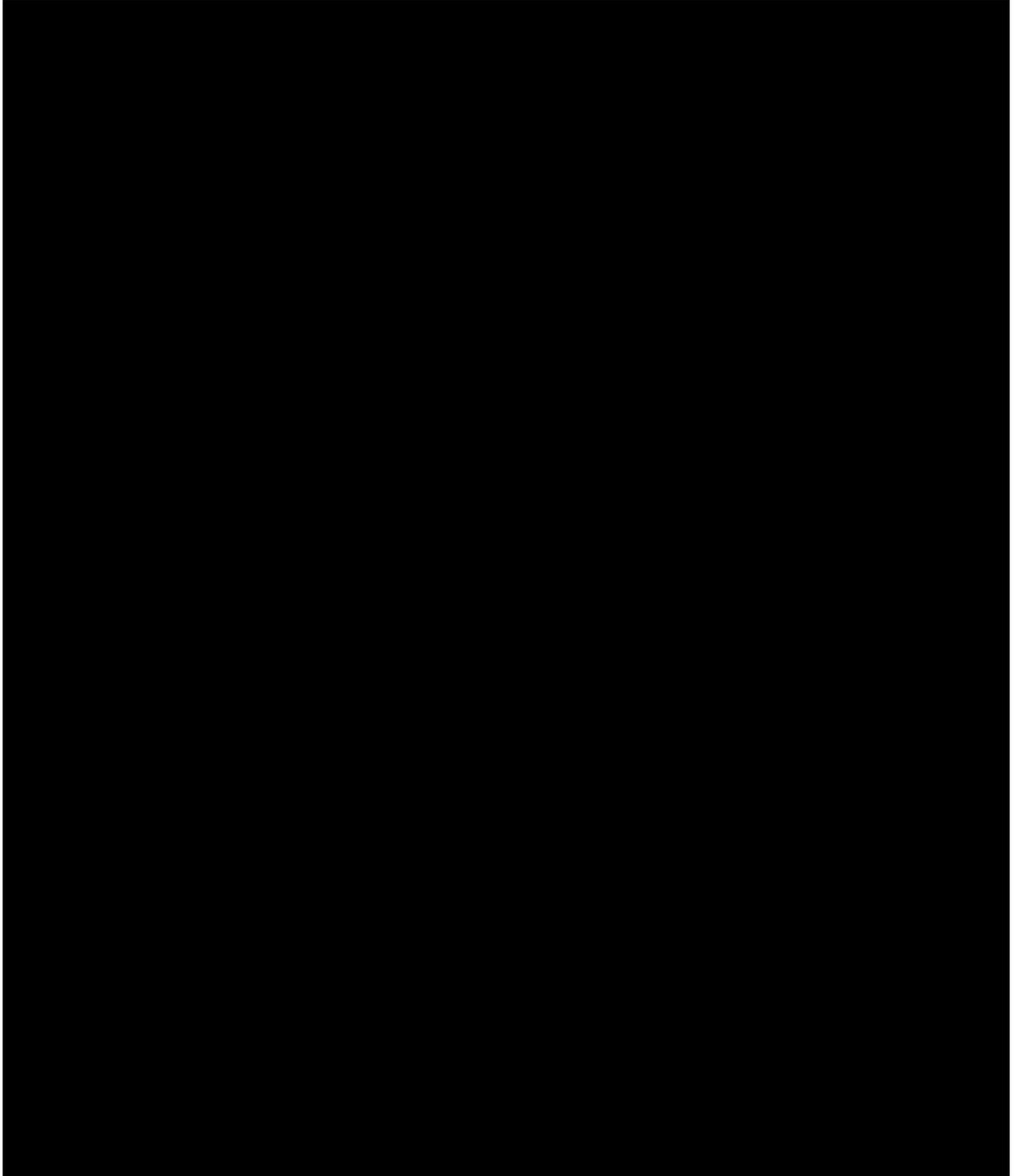
Como podemos observar todos los análisis realizados existe mucha demanda de aire puesto que en diferentes lugares de la mina no se cumplen con las exigencias adecuadas de trabajo para tal efecto a continuación se muestra la ventilación real actual de la mina.

REFERENCIAS		VENTILADORES				
	VENTILADOR INGRESO	POTENCIA HP	CANTIDAD VENT.	PRESIÓN WG H <sub>2</sub> O	CAUDAL PIE <sup>3</sup> /MIN	TENSION VOLT.
	VENTILADOR EXHAUSTOR	30	2	5.2"	30000	440
	FLUJO DE AIRE FRESCO	40	1	6.9"	40000	440
	FLUJO DE AIRE CONTAMINADO	20	2	4"	18000	440
	PUNTOS DE MONITOREO CAUDALES DE INYECCIÓN	125	1	10"	100000	440
	COMPUERTA					
	CHIM. PROYECTADA					
	CHIMENEA DE VENTILACIÓN					

**Tabla No 25 referencias plano de ventilación mina Poopó**

### **8.8.1 MEJORAS EN VENTILACION**

Se debe realizar mejoras en la ventilación secundaria para poder tener cantidades de aire suficiente para los trabajos en cada actividad de la mina.



66 60 54 48 42 36 30 24 18 12 6 0

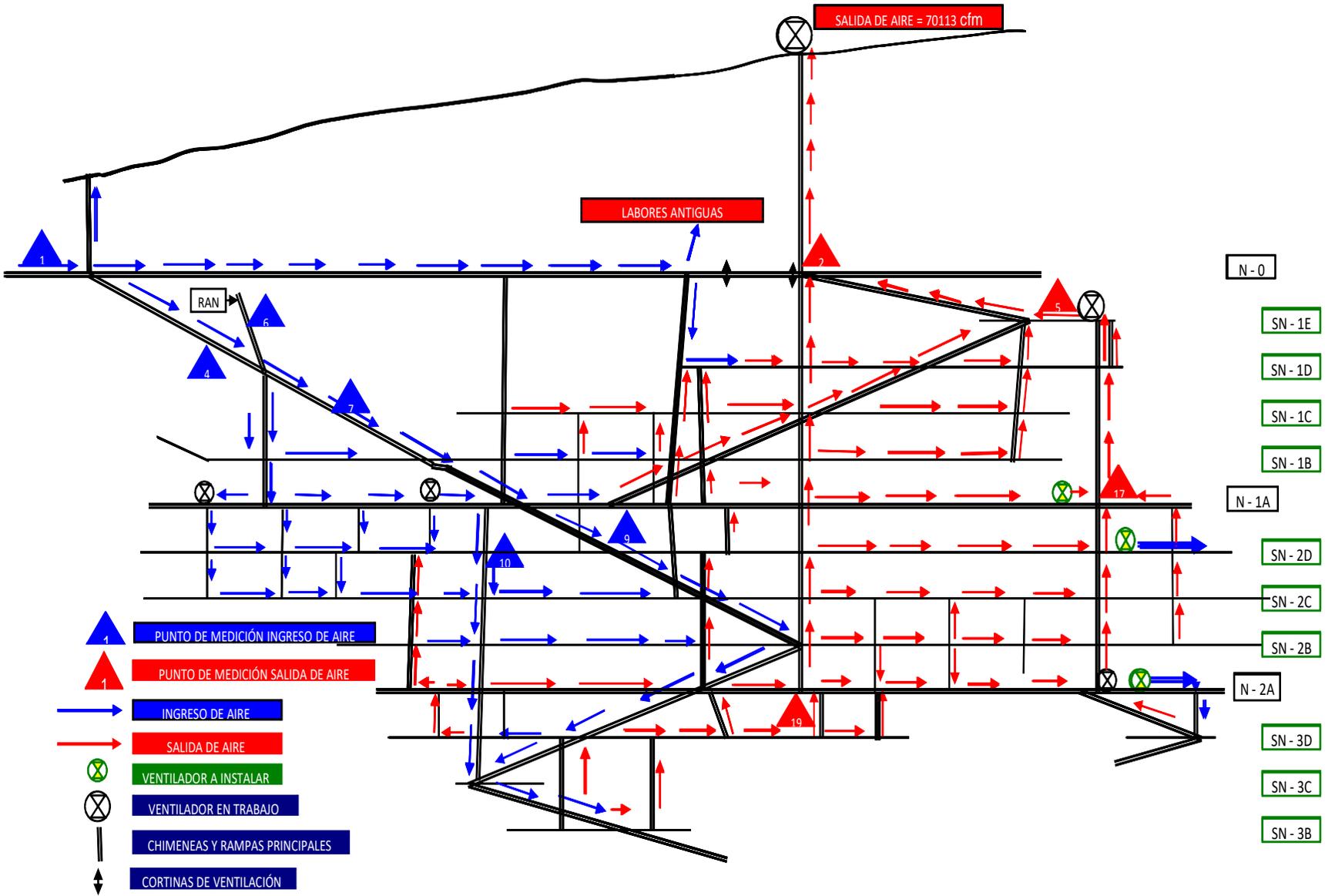


Tabla No 26 datos de medición corregido Mina Poopó

Según las mejoras realizadas en ventilación se mejoraron todos los aspectos ambientales.

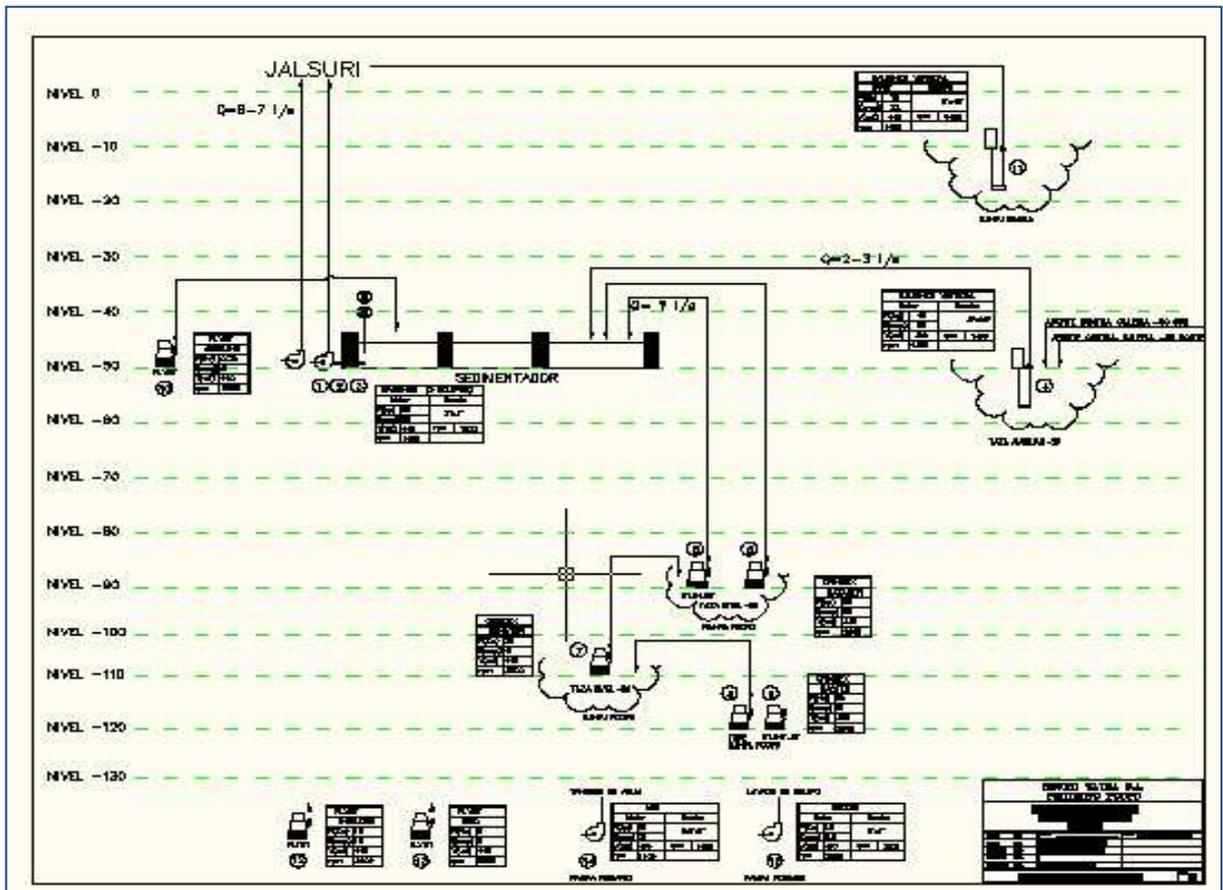
ÍTEM	PUNTO	CAUDAL [cfm]	OBSERVACIONES
1	1	27135	Ingreso de aire
2	4	24519	Ingreso de aire
3	6	46714	Ingreso de aire
4	7	43282	Ingreso de aire
5	9	26571	Ingreso de aire
6	2	46148	Salida de aire
7	5	1646	Salida de aire
8	17	1956	Salida de aire

INGRESO DE AIRE LIMPIO A LA MINA = 150000

SALIDA DE AIRE CONTAMINADO = 120000

### 8.9.- ANALISIS DEL AGUA EN INTERIOR MINA

El bombeo en interior mina se puede ver en la **Fig No 42**



## CAPACIDAD DE BOMBAS Y UBICACIÓN

### BOMBAS ESTACIONARIAS

No.	Marca	Modelo	Caudal Lt/s	Altura Bombeo	Motor Eléctrico					Ubicación	KW
					Potencia HP	RPM	Volt.	Amp.	Hrz		
1	WARMAN ASH	6**6"	40	100	60	1490	440	65	60	-50	44,7
2	WARMAN ASH	6**6"	40	100	60	1490	440	65	60	-50	44,7
3	WARMAN ASH	6**6"	40	100	60	1490	440	65	60	-50	44,7
4	GALIGHER	3**4"	8	40	20	1450	440	65	50	-90	14,9
5	GALIGHER	2.5**2"	8	5	20	1450	440	65	50	-52	14,9
6	GALIGHER	3**4"	8	40	15	1450	440	65	50	-50	11,2
7	GALIGHER	3**4"	8	40	15	1450	440	65	50	-50	11,2
8											
9											

### SUMERGIBLES

No.	Marca	Modelo	Caudal L / sg	Altura Bombeo	Motor Electrico					Ubicación	KW
					Potencia HP	RPM	Volt.	Amp.	Hrz		
1	GRINDEX	MATADOR	20	30	35	2900	440	35	50	RP-120	26,1
2	GRINDEX	MATADOR	20	40	35	2900	440	35	50	-90	26,1
3	GRINDEX	MATADOR	20	40	35	2990	440	35	50	-90	26,1
4	GRINDEX	SENATOR	20	40	35	2990	440	35	50	-110	26,1
5	GRINDEX	MASTER	15	10	15	2900	440	21	50	RP-130	11,2
6	GRINDEX	MASTER	15	10	15	2900	440	21	50	MANTTO.	11,2
7	GRINDEX	MASTER	15	10	15	2900	440	21	50	MANTTO.	11,2
8	FLYGT	2050HT	3	10	1	2900	440	21	50	CT-50N	0,7
											<b>324,8</b>

**Tabla No 27 Detalle de bombas en mina Poopó**

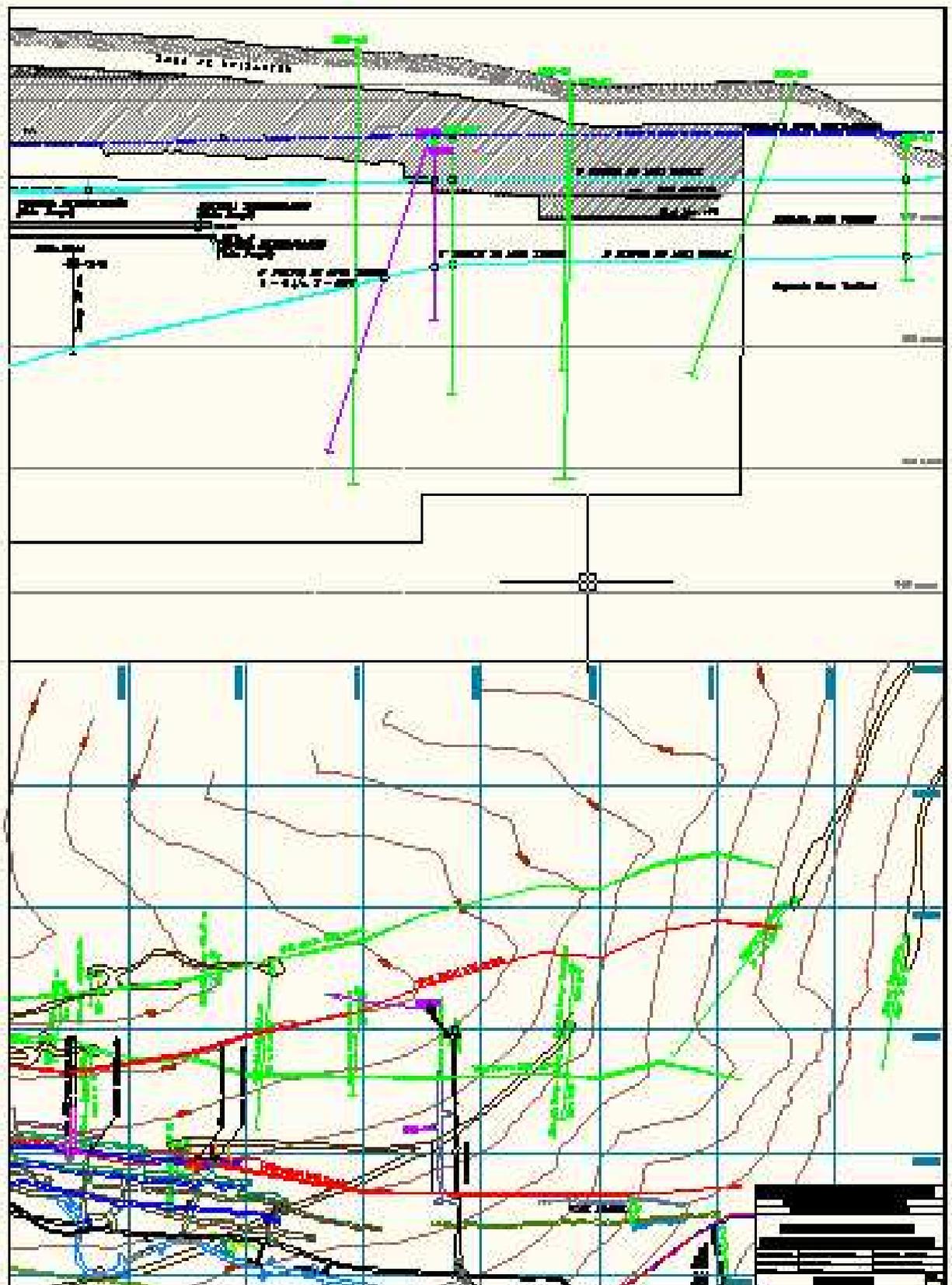
Las aguas en interior mina proviene de la perforación donde la cantidad utilizada por metro de taladro perforado es de 8.5 l/m, Por turno se perforan 5 desarrollos convencionales en desarrollo horizontal, 2 desarrollos verticales, 5 rajos open stope y 1 desarrollo con boomer (5000 l/perforación). El aporte de estas aguas también proviene de las infiltraciones en diferentes lugares de la mina, estos varían de acuerdo a temporadas (lluvia) existe también las aguas provenientes del agua termal de las cuales un porcentaje son expulsadas por Pampa Rosario directamente desde los pozos de diamantina mientras que otro porcentaje viene a mezclarse con la agua normal a través de las aberturas, fallas y estratificación las cuales se unen en las vetas Poopó y Nueva. Las instalaciones de bombeo principal se calculo para un bombeo de 50 l/seg, este se va cumpliendo por la acumulación de agua en las tazas principales, los

caudales de aporte varían entre 22 a 32 l/seg caudal que actualmente se bombea desde el nivel 1 el cual se encuentra 50 m por debajo de Pampa Rosario que es el nivel principal de la mina, la altura de bombeo total hasta la planta de tratamiento es de 130 m.

BOMBA	febrero	marzo	abril	mayo	Junio
FLYGT CT-50N	59,23	41,01	48,15	38,36	61,46
GALIGHER SAUNA	99,06	76,07	65,52		
GALIGHER-50 AUX	116,79	91,01	70,9	53,34	71,04
GALIGHER-90	124,25	178,26	123,88	126,25	13,16
MASTER-110	78,63				35,19
MASTER-120	125,22	159,08	153,44		26,55
MATADOR-120			14,84	99,68	118,65
MATADOR-90					146,99
RP-110					1,5
SENATOR-110	1,05	37,14	38,15		
WARMAN		38,09	44,7	116,22	214,23
<b>Total general</b>	<b>604,23</b>	<b>620,66</b>	<b>559,58</b>	<b>433,85</b>	<b>688,77</b>
Bombas warma * 3 bombas		114	134	349	643
<b>Total</b>	<b>604</b>	<b>697</b>	<b>649</b>	<b>666</b>	<b>960</b>
<b>Hrs netas de trabajo</b>	<b>453</b>	<b>523</b>	<b>487</b>	<b>500</b>	<b>720</b>
<b>Tiempo de bombeo en Hrs</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>	<b>mayo</b>	<b>junio</b>
<b>bombeo rampa 120</b>	203,85	159,08	168,28	99,68	180,39
<b>bombeo N- 2</b>	124,25	178,26	123,88	126,25	146,99
<b>bombeo N- 1</b>	570	614	558	500	720
<b>Caudal de Bombeo l/seg</b>					
<b>bombeo rampa 120</b>	7	7	7	7	5
<b>bombeo N- 2</b>	14	14	14	17	14
<b>bombeo N- 1</b>	22	22	22	33	32
<b>Caudal de Bombeo m3</b>					
<b>Caudal m3/mes</b>	45141	48600	44165	59366	82972
<b>Total Hr</b>	569,96	613,64	557,64	499,72	720,24

**Tabla No 28 Horas de bombeo de agua mina por mes más caudal (gestión-2008)**

Las aguas termales afectan de gran manera a las aguas subterráneas porque incrementan los contenidos de sulfatos que en grandes concentraciones pueden encostrar las tuberías de bombeo, estas también corroen los equipos, en el plano podemos ver como el agua termal infiltra incluso hasta niveles inferiores que ya se detectó incluso en el SN 3D el cual se encuentra 100 m por debajo de Pampa Rosario. Estas aguas se encontraron juntamente con las fallas que unen la veta Nueva y la veta Poopó.



**Fig.43 Distribución de agua termal Mina Poopó**

## **9.- INTERPRETACION DE RESULTADOS Y ANALISIS**

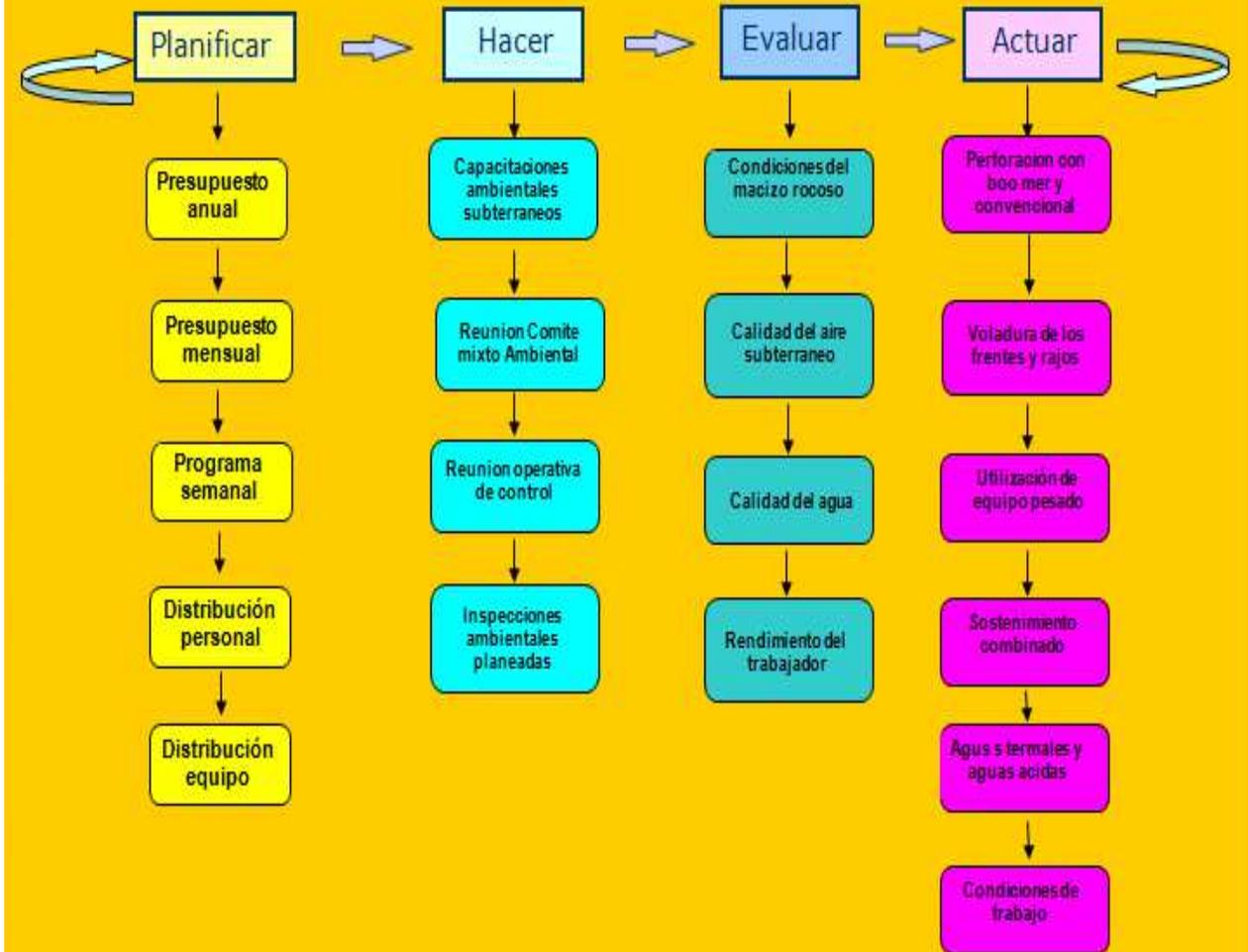
Para poder encarar soluciones ambientales en interior mina debemos de concientizar a todo el personal (empleado y obrero), con capacitaciones permanentes, como también hacer conocer que un trabajo planificado y coordinado con propósitos de seguridad y ambiental dará mejores resultados en la productividad de nuestra mina, teniendo mejores producciones con costos bajos de manera sostenible.

Para tener mejoras ambientales en interior mina es importante hablar y practicar la mejora continua debido a que la mina siempre es dinámica, eso quiere decir que cada día se podrían tener diferentes riesgos ambientales principalmente por seguir profundizando la mina, donde se tiene mas probabilidad de incremento de riesgos como mayor temperatura, humedad, ruido, gases, polución, agua, des estabilidad del macizo rocoso y presencia del agua.

La interacción entre hombre-roca-aire-agua hace que se deteriore el ambiente subterráneo esto interacción afecta más al hombre, por lo que se debe tener establecido los pasos a seguir con modelos de acción donde será importante la concientización y capacitación.

Un papel importante juega la ventilación de la mina donde se tendrá que conseguir velocidades aceptables para poder diluir los gases, temperatura u humedad, pero esta velocidad debe estar dentro de los rangos para evitar producir polvo principalmente en los accesos de transporte donde se utilizan equipos mineros.

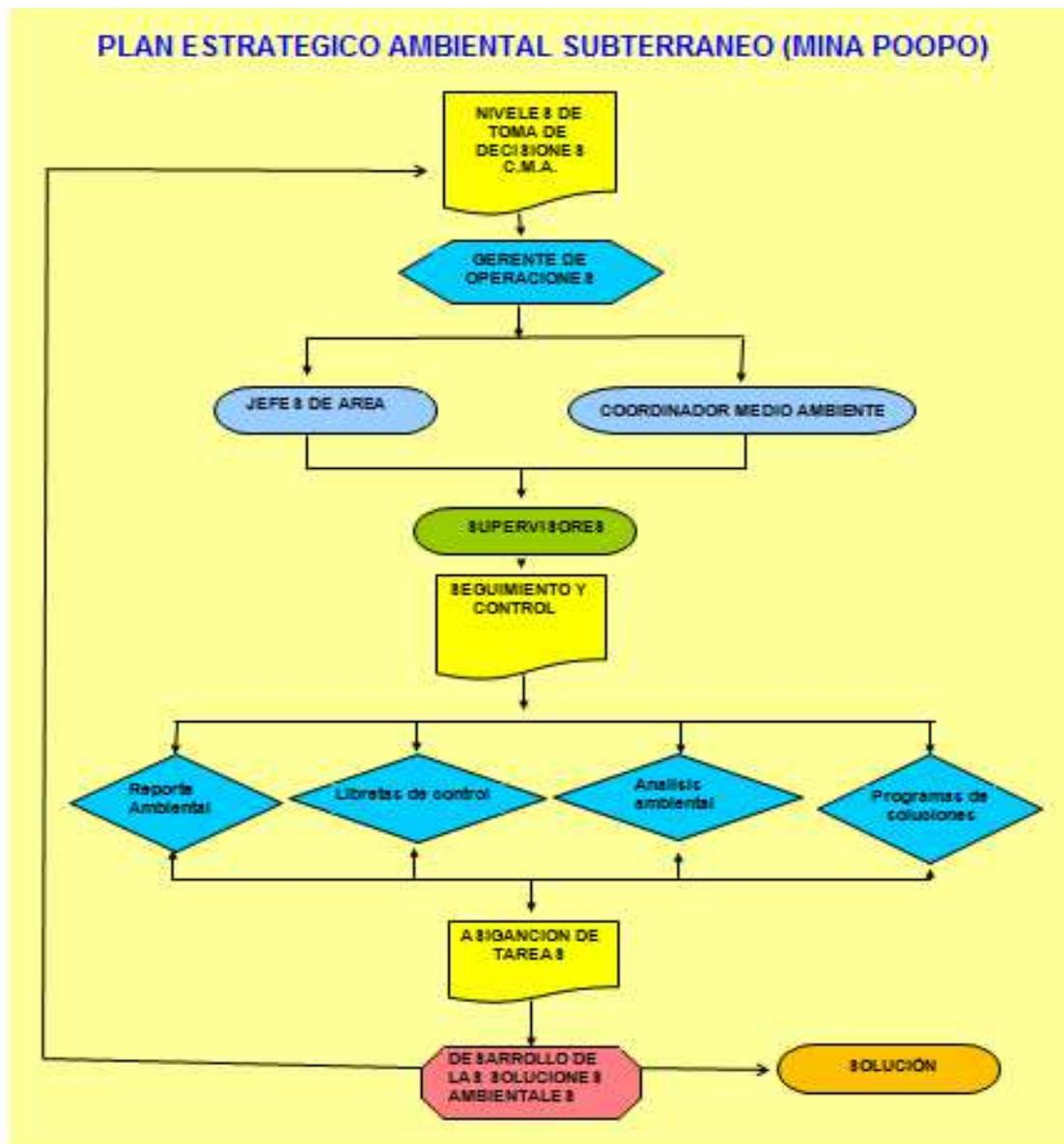
**Principios del mejoramiento continuo ambiental Mina Poopo**



**Tabla No 29 Análisis de mejora continua para mina Poopó, el autor, 2009**

Con este análisis de mejora continua se indica que en la planificación que se realiza en la mina se debe involucrar posibles aspectos ambientales que podrían sucederse durante el proceso de desarrollos y explotación, los supervisores mina deben tener conocimiento de los aspectos ambientales que pudieran suceder y tener también un responsable quien realice las mediciones ambientales y pueda entregar datos para realizar el análisis de control.

Tomando en cuenta este análisis a continuación se da un plan donde estén involucrados todos los supervisores y demás jefes superiores.



**Tabla No 30 Plan estratégico para control ambiental subterráneo, el autor, 2009**

Los aspectos ambientales subterráneos analizados dan como resultado lo siguiente:

## 9.1. MACIZO ROCOSO

Podemos concluir que las aberturas subterráneas que se realizan tanto en desarrollos horizontales como en vertical no tendrían dificultad porque se determino en forma precisa las áreas de abertura para cada actividad, como también se determino el área de explotación de los rajos open stope, a parte de este análisis el sostenimiento combinado con la utilización de Split set y pernos helicoidales hace de que toda la infraestructura de la mina este bien asegurado hasta la culminación de la explotación.

Como se intensificará la explotación de rajos se realizo un análisis de la forma de sostenimiento de estos después de su explotación, donde las alternativas después del sostenimiento con rollizos es un relleno con la misma caja proveniente de la infraestructura, como también de dejar pilares de misma roca.

En la mina Poopó los rajos Open Stope (rajos abiertos) que están sostenidos por trancas y algunos puentes, los cuales se dejan por presentar el rajo bastante fractura miento, o ser una zona muy pobre.

Se hace referencia que en los niveles principales se dejan puentes de 2 metros de altura, sirviendo estos como un sostenimiento de las cámaras y también para deposito de relleno (material estéril). Uno de los problemas serios que se tiene actualmente es la presión de la roca suprayacente hacia las cámaras las cuales se incrementan en 40% con respecto a la presión vertical, donde en lugares anchos se tiene la dificultad de realizar un sostenimiento con trancas. En sectores donde la veta es angosta es muy importante verificar lo siguiente:

- Fracturamiento del bloque

- Buzamiento del bloque

- Presencia de fallas

- Buzamiento de la estratificación (paralelo, perpendicular)

- Espesor del fracturamiento acompañante a la veta

- RMR del bloque

Es muy importante tomar en cuenta las alternativas de relleno que se plantea para poder tener un control y mejora de la estabilidad de las zonas ya explotadas para no tener problemas de derrumbes posteriores. Por lo que es importante analizar los puntos citados anteriormente.

### **9.1.2 SOLUCIONES PREVISTAS (RELLENO)**

- Generar labores seguras, sin riesgo de desprendimiento de rocas, interrelacionando los procesos de perforación, voladura y relleno para evitar derrumbes y de esta manera dar continuidad a nuestra explotación y desarrollo en niveles inferiores.
- Utilizar el material estéril (caja) como relleno de rajos y de esta manera evitar evacuar a superficie para reducir el impacto ambiental.
- Reducción de costos en construcción de plataformas en superficie (acumulación de roca caja), evitar generación de drenaje ácido de mina y recubrimientos adicionales.

En nuestra mina el método de explotación Open Stope se determina tomando en cuenta los siguientes factores:

Potencia de la veta < 1.50 m.

Calidad de la roca encajonante (techo – piso) RMR 30 - 50

Buzamiento de la veta (40° - 48°)

Altura de explotación 10 m. por bloque

Se cuenta con tres sub niveles entre niveles, a excepción del nivel Pampa Rosario a nivel 1, donde se tiene cuatro sub niveles. Las cámaras abiertas están separadas por entrantes en cada nivel a 60 metros entre entrantes, los rajos a explotarse son de 20 m de longitud por 10 m de altura por lo que cada bloque cuenta con tres rajos pequeños de 20 m de largo. La explotación se lo

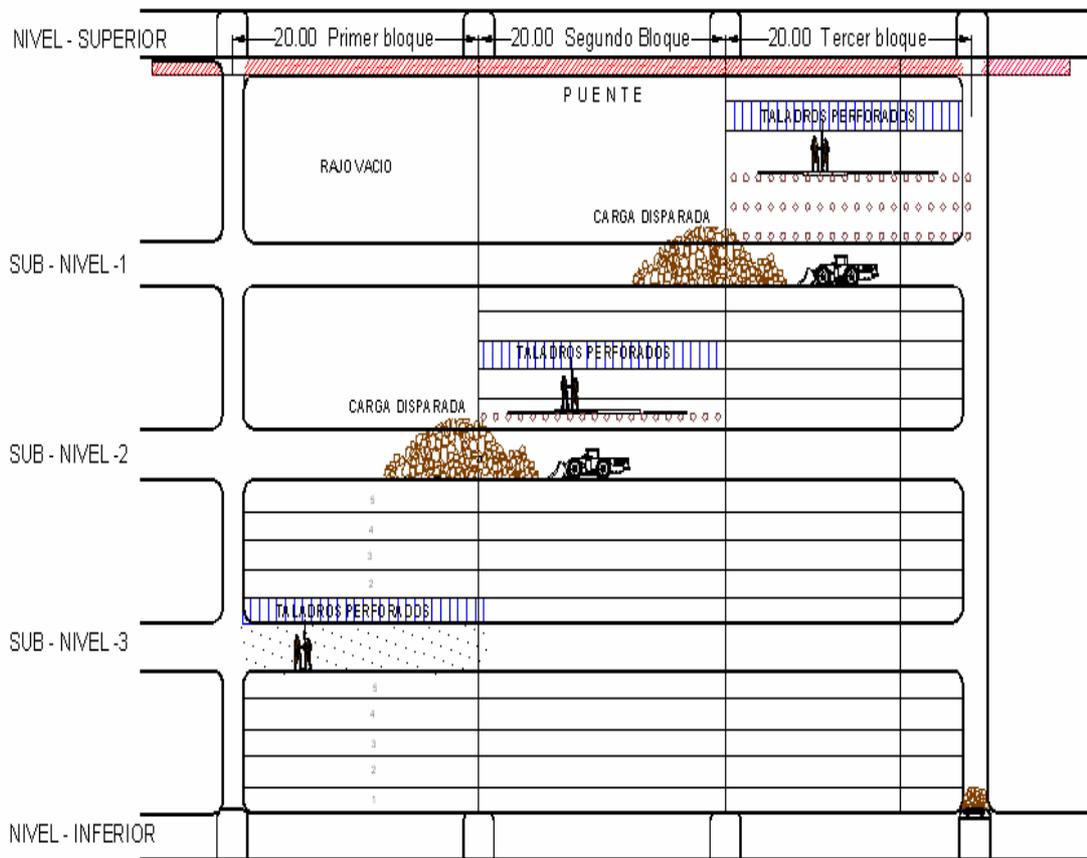
realiza de arriba hacia abajo. La sección del rajo se determina con el cálculo de radio hidráulico geomecánico el cual es el siguiente:

Si consideramos el RMR 44, se determino que el radio hidráulico es 4.5

$$\text{Largo} = l \quad \text{Ancho} = a$$

$$R_h = (l \times a) / 2(l + a) = 3.3$$

### EXPLORACION METODO RAJO ABIERTO



**Fig No 44 método de explotación open stope**

Considerando la forma de presentación del mineral en cada rajo se puede dejar lugares pobres los cuales nos sirven como puentes, esto también se aplica a lugares donde el fracturamiento es intenso, como se puede ver en el siguiente plano



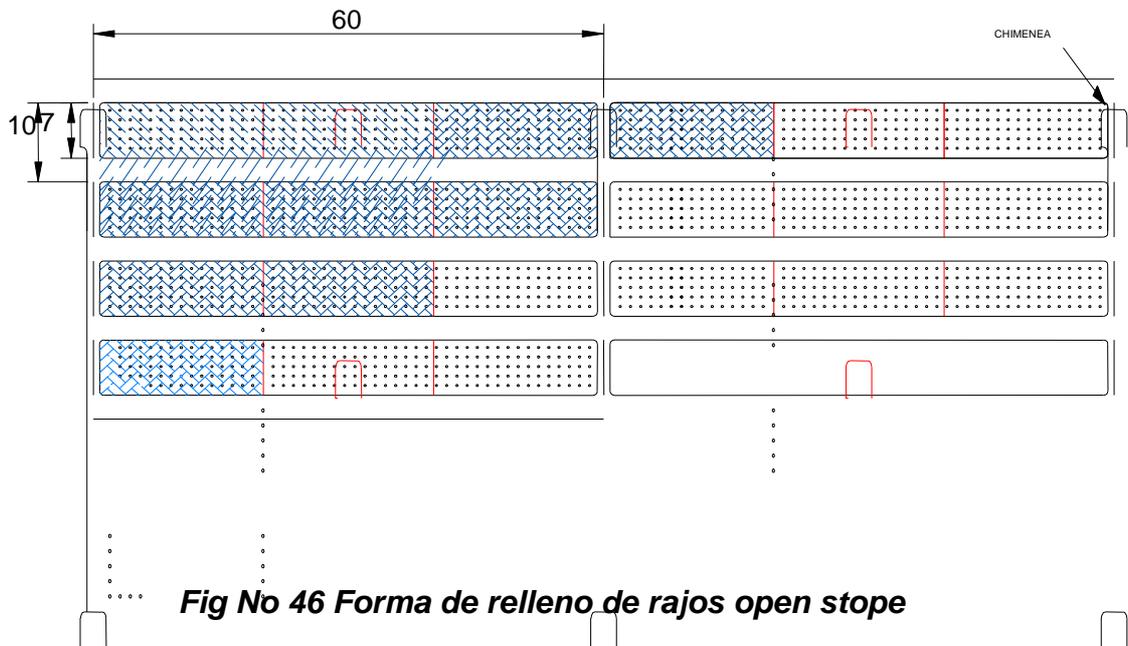
### 9.1.3.- DETERMINACION DEL APOORTE DE CAJA

La caja a extraer provendrá de desarrollos primarios y secundarios para lo cual se hace la siguiente estimación:

DESARROLLO	LABOR	No	ALTO	ANCHO	AVANCE	RENTB.	M <sup>3</sup>
		parajes	m	m	m/mes	(%)	
PRIMARIO	Rampa	1	3	3	60		540
	Chim. Vent.	1	2	2	40		160
SECUNDARIO	Sub niveles	8	2.3	2.7	65	60	1292
<b>TOTAL CAJA</b>							<b>1992</b>
<b>Espacio a utilizar m3</b>							<b>2988</b>

**Tabla No 32 cantidad de caja a ser quebrada por mes**

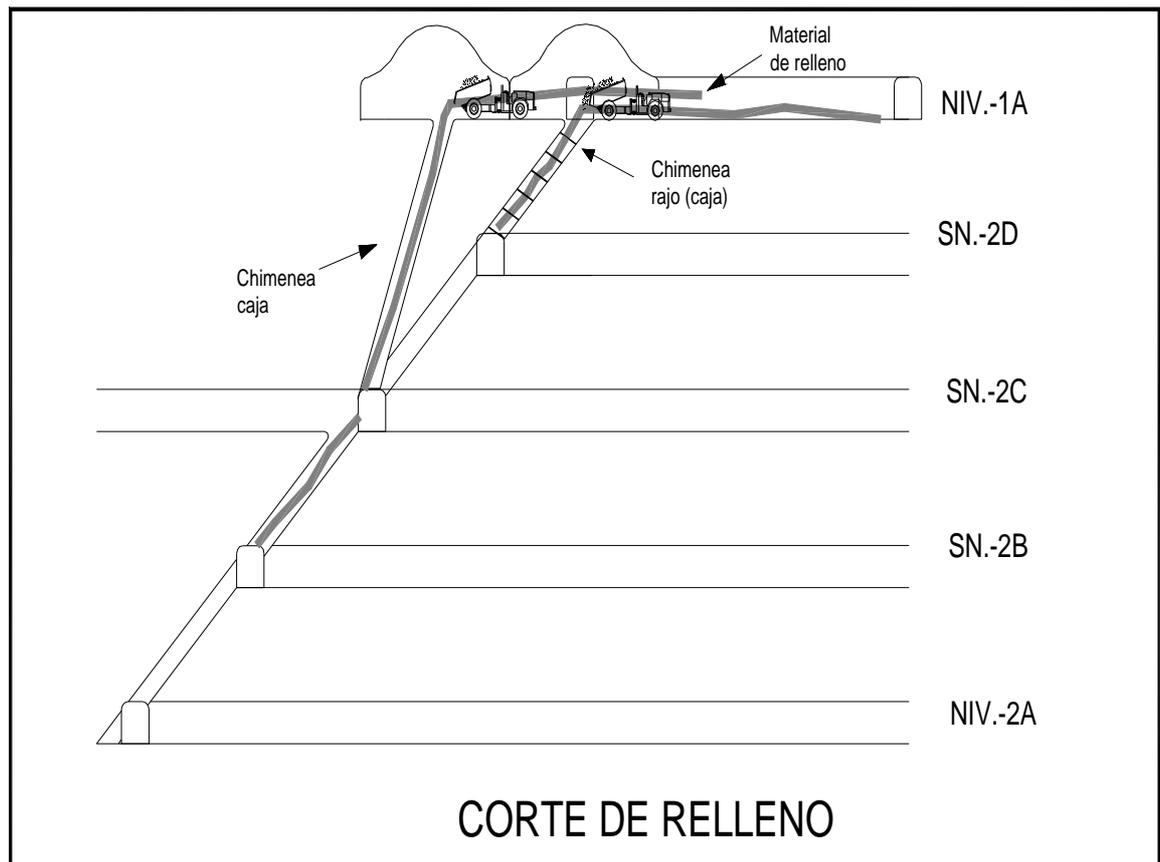
En un mes se estima explotar 10 rajos de 20 m. de largo x 10 m. de alto por lo que quedaría una abertura de 2000 m<sup>3</sup>. Se requiere mayor número de rajos a rellenar por mes



SECUENCIA DE  
EXPLORACIÓN

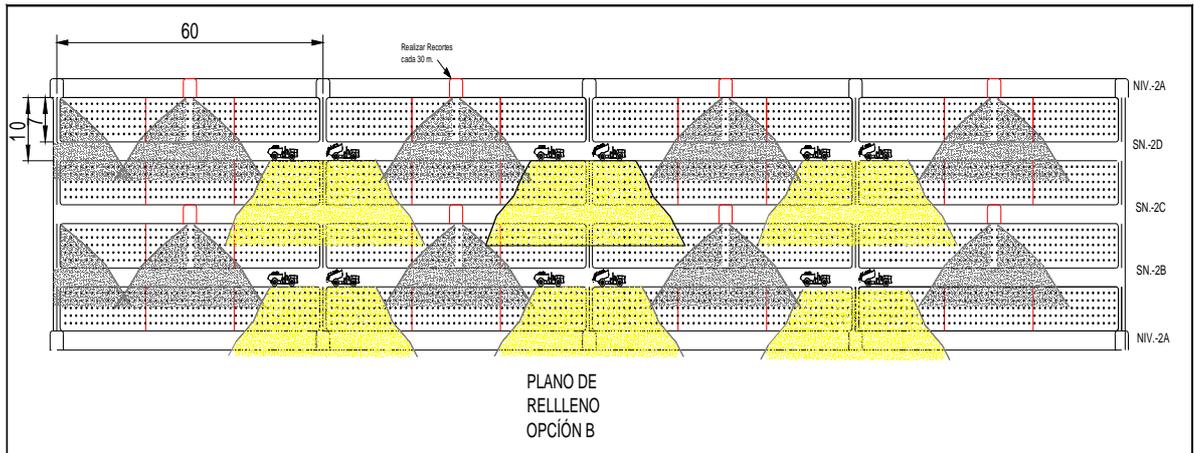
#### 9.1.4.- DISEÑOS DE RELLENO PARA RAJOS OPEN STOPE

El relleno para los rajos a parte de las trancas provendrán de los desarrollos primarios y secundarios, para esto es necesario realizar recortes y chimeneas adicionales como podemos observar en el siguiente plano:



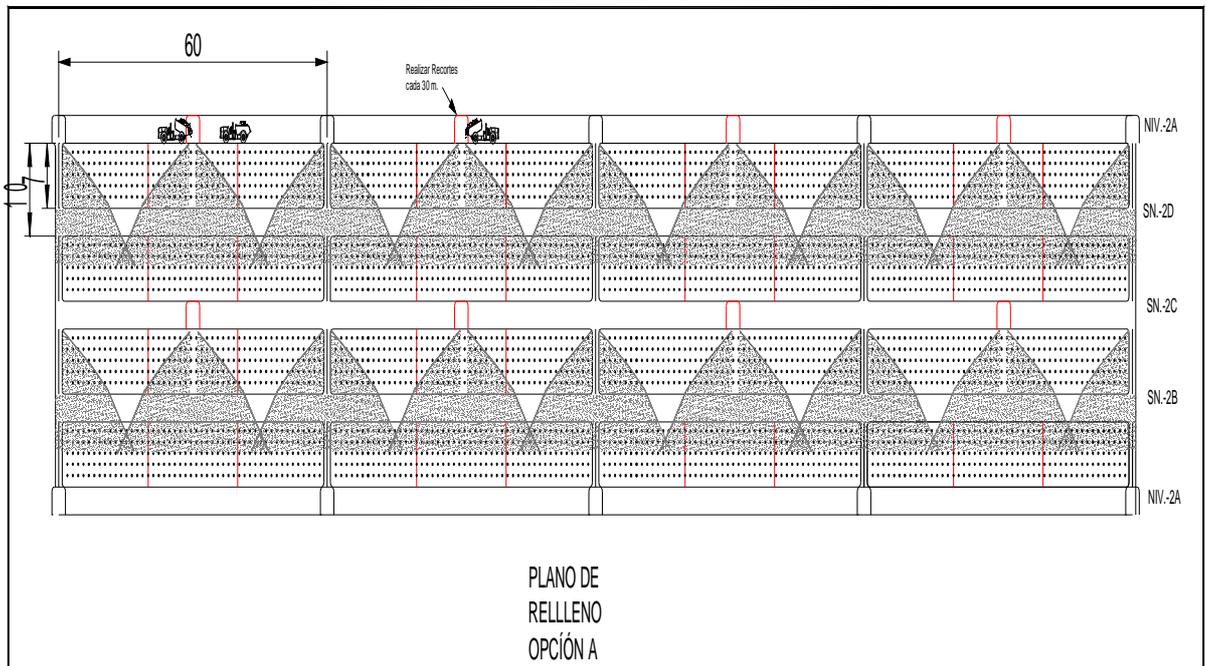
**Fig No 47 Forma de relleno rajos open stope**

Como se puede ver es necesario realizar los recortes cada 60 m, a estos recortes se comunicarán chimeneas desde el sub nivel central para el ejemplo sub nivel 2C, con una inclinación de 65 a 70° de inclinación, esto para abarcar con el relleno hasta el siguiente nivel como se puede ver en la siguiente figura:



**Fig No 48 Metodología de llenado de rajes open stope**

El relleno abarcará solo hasta la mitad del sub nivel inferior donde se eche el relleno, con la ayuda de un scoop se puede ir rellenando en retirada la parte central del rajo, esta actividad se puede realizar inclusive cada 120 m. dependiendo de la forma de la galería de los sub niveles y del ancho rajo.



**Fig. No 49 Otra forma de relleno de rajes open stope**

En esta opción se debe realizar recortes cada 30 m. para poder lograr el relleno de los rajos como se observa en la figura.

Las soleras que se colocan perjudican la provisión de relleno en las cuales se colgaran las cajas de tamaño mayor y más aun por la inclinación de la veta hace difícil que el relleno vaya descolgándose desde una chimenea.

### 9.1.5.- TIPOS DE SOSTENIMIENTO

Como se indico anteriormente los rajos explotados tienen como sostenimiento rollizos los cuales son colocados espaciados según el diámetro de estos, con esto se logra realizar un sostenimiento temporal ya que la madera según el ambiente se seca o se humedece perdiendo sus características de resistencia inicial, también se considera durante la explotación los pilares que se dejaran en cada nivel y los puentes de lugares pobres o de mineral cuando estos presenten fracturamiento.

El dimensionamiento de los pilares para diferentes tipos de anchos se indica a continuación.

<b>DISEÑO DE PILARES RAJO OPEN STOPE</b>						
Tipo de Roca	Lutita					
<b>Resistencia a la Compresion (Kpa)</b>	20457	20457	20457	20457	20457	20457
<b>peso específico</b>	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
<b>Altura de ubicación</b>	150	150	150	150	150	150
<b>Largo del pilar (w)</b>	60	60	60	60	60	60
<b>Largo de la camara (B)</b>	30	20	20	15	10	10
<b>Ancho a rajar (h)</b>	1	1.2	1.5	1.8	2	2.5
<b>Alto del pilar (L)</b>	2.5	2	2.5	2	2	2
<b>Tension del pilar (kpa)</b>	71736	53955	44145	39087	25751	25751
<b>Resistencia del pilar (kpa)</b>	106388	89167	71946	60465	54725	44392
<b>Factor de seguridad</b>	1.48	1.65	1.63	1.55	2.13	1.72
<b>Factor de recuperacion del mineral (%)</b>	95	93	92	91	86	86

**Tabla No 33 tamaño del pilar a dejar en rajos open stope**

Se hace notar que este análisis se refiere únicamente en el caso de dejar puentes en los rajos, en nuestro caso a parte de dejar puentes dejamos soleras con las cuales se garantiza la estabilidad de estos.

En cuanto se refiere a la caja proveniente del desarrollo primario y secundario, estos por tener un RMR muy bajo y además que las pruebas de compresión realizadas en la Universidad nos dan valores bajos de compresión no garantiza como un material exclusivo para relleno mas aun, este material al depositar a los rajos se irán relleno solamente partes porque se debe tomar encuenta la granulometría del relleno la cual es tipo poroso teniendo espacios entre este mismo relleno.

Según requerimiento de espacio libre para echar el relleno tendremos problemas de espacio por tener solamente 10 rajos pequeños en explotación, el relleno de roca caja que se introducirá a los rajos solamente será de deposito para estos y no así de relleno porque su resistencia a la compresión es demasiada baja.

Es muy importante hacer notar que bajo estas consideraciones solo se lograra una modesta resistencia frente a los planos de eventual desplazamiento en virtud al suave confinamiento que se presentara, el relleno es condiciones optimas debe tener un adecuado confinamiento y llenado total hasta el techo de la cavidad los cuales evitan deformaciones y a su vez una reducción en los campos de esfuerzos adyacentes a las cavidades mineras.

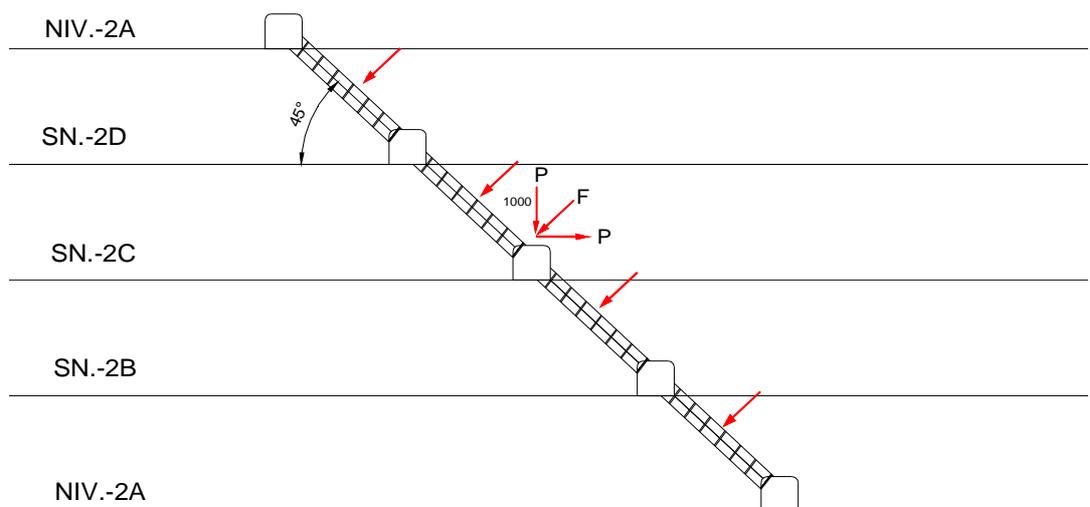
En este análisis se considera que del total de caja producida saldrá a superficie entre 0 a 40% de remanente por falta de espacio, es muy importante considerar que si la rentabilidad de los desarrollos secundarios aumenta también disminuirá la cantidad de caja producida.

Bajo estas consideraciones se puede mencionar que se disminuirá notablemente la extracción de caja a superficie evitando de esta manera el DAR y ayudar de esta manera a que los desmontes de roca caja tengan mas años de vida.

### 9.1.6.- SOLUCIONES

De todo este análisis de relleno y poder contar una explotación y desarrollo sin perjuicios se puede concluir lo siguiente:

- Se determino que la presión inclinada es mayor en un 40% a la presión vertical que ejerce la roca en cada rajo



- Las colocación de soleras en los rajos se debe realizar de acuerdo al diámetro de estas y al ancho a rajar según la tabla que se indica líneas arriba
- En caso de utilizar solamente pilares como sostenimiento también se muestra una relación en función al ancho a rajar de la altura de puente a dejar y la abertura a quebrar.

- En nuestro caso se realizará un sostenimiento combinado donde se tome en cuenta soleras y pilares dependiendo la presencia de fracturamientos, y anchos de veta.
- La caja proveniente de desarrollos primarios y secundarios excede entre 0 a 40% de las aberturas conseguidas en la explotación de rajos open stope.
- Por la poca resistencia a la comprensión de la roca – caja esta solamente se depositará en los rajos, por presentarse estos sin confinamiento adecuado, dando lugar a la presencia de espacios vacíos los cuales dependerán del tamaño de grano a rellenar, es por esta razón que no se puede garantizar que solamente al rellenar los rajos con esta caja se consiga una buena estabilidad de las paredes, especialmente del techo de los rajos abiertos.
- Con la disminución en la extracción de caja a superficie se disminuirá los costos adicionales de movimiento de caja en superficie y aumentando los años de vida del desmonte.
- Es importante evitar la extracción a superficie para minimizar problemas ambientales, como generación de DAR, polución, espacio físico del desmonte, vibraciones, malestares en la población por el tráfico de volquetes, etc.
- Para el ingreso de roca caja a los rajos se deben realizar trabajos adicionales como, la continuación de las entrantes en los niveles cada 60 m. adicional 10 m. de recorte, chimeneas de relleno con una inclinación de 70° desde el sub nivel central hasta el recorte 18 m.
- La provisión de relleno adicional se debe realizar con scoop para poder rellenar los sectores donde no existe chimeneas de relleno.

## 9.2.- GASES

Los gases que mayormente se presentan en interior mina son: CO, CO<sub>2</sub>, No, NO<sub>2</sub> y algunos componentes gaseosos en el hollin. La mayoría de los gases son producto de la voladura, transporte.

En la tabla No 8 se pudo observar que existen lugares por encima de los límites máximos permisibles principalmente en CO, se sabe que el CO es el gas más peligroso en las minas su límite máximo permisible es de 50 ppm esto hace que debemos preocuparnos si los rangos medidos superan este valor, principalmente estos valores se dan después de la voladura de la infraestructura y desarrollos secundarios (Corridas) y los rajos como solución para estos casos. Podemos indicar: se debe dimensionar de manera cuidadosa toda la geometría de perforación y el consumo de explosivo para cada actividad, utilizando el explosivo adecuado y en cantidades previstas sin excederse de ninguna manera, se debe evitar la utilización de dinamitas, reemplazando por hidrogeles y emulsiones. También se debe ver la posibilidad de disminuir el consumo de ANFO realizando un análisis de costos, porque el ANFO es el explosivo más barato. Como factor importante para la limpieza de los gases se debe considerar una buena ventilación principalmente en los lugares de trabajo.

En cuanto a los gases producidos por los equipos a diesel se observa en la tabla No 13 los límites máximos permisibles, según el estudio realizado se puede ver que el análisis de los aceites de motores sobrepasan los límites, donde incluso cuando se realizó mediciones en el escape del scoop nos dieron valores de hasta 1200 ppm, debiendo ser estos de 1000 ppm, por ello se debe realizar los mantenimientos preventivos del equipo tomando en cuenta las horas de trabajo de funcionamiento.

Debemos evitar hacer trabajar los equipos a diesel en lugares donde exista deficiencia de oxígeno este factor también hace que el humo que produce el equipo incremente a parámetros alarmantes donde se puede complicar no solamente el motor del equipo sino también el operador del mismo.

Como soluciones: se debe dirigir el aire limpio a los lugares de trabajo a través de cortinas e incrementar los caudales y velocidades con ventilación secundaria. En esta tesis damos como modelo la forma de determinar la cantidad de ventilación necesaria para cada actividad.

### **9.3.- RUIDO**

En el análisis realizado en la medición de decibeles en los diferentes lugares de la mina se ve que en función del tiempo de emisión de este podríamos tener problemas principalmente en la perforación pero si utilizamos adecuadamente nuestro implemento de protección como los tapa oídos, cómo nos muestra la figura No 35 podemos reducir estos ruidos de hasta 40 decibeles, mayormente en perforación se utiliza los tapa oídos de plástico con estos se puede reducir el ruido hasta 30 decibeles. Pero también se determino por cálculo la distancia crítica producido por el ruido donde se debe tomar en cuenta incluso la sección y aberturas que se puedan presentar en la mina. Se determinaron formulas para poder calcular en función de la estadística realizada la distancia que afecta el ruido al trabajador, se ve también que el equipo de mayor potencia genera mayor cantidad de ruido por ejemplo en los ventiladores los cuales son estáticos se debe colocar silenciadores para atenuar los ruidos, en los equipos móviles como las volquetes y scoop se debe tener cabinas con atenuación de ruido o bien usar los protectores donde cubra todo el oído y disminuya notablemente el ingreso del ruido al oído del operador. Se debe considerar que la pérdida de la audición se da con el transcurrir del tiempo en función de la presión sonora que generan los equipos como nos muestra la figura No 36.

#### **9.4.- ILUMINACION**

En cuanto se refiere a la iluminación se puede observar en el análisis que existen sectores de escasa visibilidad que no permite realizar trabajos de manera adecuada. Se debe estar convencido de que una buena iluminación hace que el trabajo sea más productivo por tener una visualidad muy buena, incluso para detectar algunas desviaciones que se presentan en los lugares de trabajo como los tojos (roca suelta), Como estándar en mina Poopó se tiene prácticamente toda la infraestructura iluminada (rampa, contra galerías). En los lugares de producción como los frentes de desarrollos se sugirió la aplicación de reflectores móviles los cuales hace que el paraje este totalmente iluminado donde el uso de la lámpara eléctrica no sea indispensable.

En la perforación del desarrollo primario (infraestructura) la utilización del boomer hace que los desarrollos estén completamente iluminados porque estos equipos cuentan con sus reflectores incluidos. En los rajos también se implemento los reflectores móviles dando una buena iluminación y por ende buena visibilidad en estos.

#### **9.5.- TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA MINA**

Se determino las mediciones de las temperaturas y humedad en interior mina donde se puede apreciar que se tienen temperaturas u humedades mayores a los admisibles en condiciones normales, esto hace que el trabajador se fatigue muy rápido y su eficiencia se reduzca por ende la producción disminuye.

Todo esto se produce por efecto de la oxidación de la pirita, la cual se encuentra en un 60% como mineral descartable, también la presencia del agua termal hace que la roca se mantenga caliente. Estos aspectos hacen que la roca encajonante se debilite y presente mayor fragilidad y provoque problemas de derrumbes mas aun cuando se presentan falla en la misma veta.

Como solución se aplicó un adecuado sostenimiento ya sea con pernos helicoidales y enmallado, en otros casos marqueos, así mismo se implementó ventiladores en los lugares más calientes según las necesidades para poder conseguir ambientes adecuados de trabajo.

## **9.6.- POLVO**

Cuando se tienen minas secas como en sectores de Poopó se puede ver que el polvo se genera por el transporte de los equipos más aun por las volquetes que trabajan a mayores velocidades, haciendo también la suspensión de diámetros finos de polvo lo cual puede provocar silicosis según la cantidad de emanación y el tiempo de permanencia del trabajador.

Otro aporte de polvo se refiere a la voladura, cuando no se controla de manera adecuada los explosivos se pueden provocar incluso incrementos innecesarios, después de una voladura se tiene una cantidad ilimitada de polución.

Como solución a estos aspectos se indica que los lugares secos deben ser regados permanentemente, incluso con instalaciones de agua exclusivamente para este propósito donde el regado de agua sea por presión repartida y no provoque charcos de agua o dañe las instalaciones, para esto es muy importante la buena construcción de cunetas para encausar el agua en demasía.

La ventilación juega también un papel importante para la evacuación de este polvo, se considera el camino que tomará el polvo para poder retenerlos en algunas labores antiguas donde si es posible acumularlos para reducir su evacuación a superficie.

Los trabajadores deben utilizar sus respiradores todo el tiempo de permanencia en la mina, aun en lugares húmedos porque la presencia de polvo es ilimitada en toda la mina, tal vez la dotación de algodón especial para la protección del oído y nariz.

### **9.7.- AIRE**

A través de cálculo se determino la necesidad de aire que requiere la mina ósea el caudal en cada actividad. En mina Poopó se ve que la ventilación principal esta dentro lo requerido para la producción actual.

Como soluciones se puede indicar que es importante aprovechar de mejor manera la diferencia de presiones y manejar el aire por los lugares donde se esta trabajando implementando ventiladores secundarios, compuertas de ventilación, distribuir al personal según los turnos que se puedan ejecutar las diferentes tareas, tratar de tener 8 hrs libres para no tener dificultades de ventilación.

Según nuestro análisis el requerimiento de aire calculado esta en 94966 cfm, lo cual se aproxima al análisis de ventilación que se tiene por lo que se instalaron ventiladores adecuados para este propósito, principalmente en la chimenea 3 Sud, donde está instalado un ventilador de 100 Hp para una capacidad de expulsión de 100000 cfm, se debe tomar en cuenta que también existen trabajos antiguos por donde también son expulsados los gases viciados.

### **9.8.- VENTILACION**

Los equipos de ventilación en mina Poopo son los necesarios para poder encarar la primera etapa de explotación como podemos ver en la tabla No 22 ademas de mostrar también las mejoras que se realizaron con la reubicación de los ventiladores en interior mina, como se ve en la tabla No 24.

Como soluciones podemos indicar que es importante realizar monitoreos en los lugares ya indicados para poder ver las diferencias que podrían existir e ir regulando permanentemente las ubicaciones y sobre todo los caudales y velocidades que se requieren en cada actividad.

Es muy importante la implementación de un departamento que se dedique a estos trabajos los cuales a veces no son considerados como principales.

### **9.9.- AGUA**

El agua proviene de las infiltraciones de lluvia, de la perforación, de las aguas subterráneas y aguas termales. Se percibir que existe mucha agua acida en algunos lugares de la mina, principalmente en los sub niveles 2B norte, 3D norte por acumulaciones de agua en un tiempo largo y las infiltraciones en lugares sulfurosos.

Como soluciones se planteó realizar mantenimiento permanente de los lugares dejados, los cuales se retomaran para su explotación como se puede ver en las fotografías, estos se acumulan de lodo y se estanca las aguas provocando con el tiempo aguas ácidas .



A parte de tener hidróxidos de hierro, se incrementa la acidez además que se tiene caudales grandes los cuales ya afectan el medio ambiente superficial donde se tiene un gasto enorme de cal en la planta de tratamiento. Por esta razón estos deben ser captados en lugares anegados donde se pueden ser tratados con cal en interior mina.

Otro aporte de agua acida son las infiltraciones pero en menor caudal, seria mejor encausarlos para tratarlos antes de ser expulsados a superficie por bombeo.



Es importante realizar un buen diseño de cunetas y mejorar el piso de extracción con ripio con el fin de evitar acumulaciones de agua para ser evacuados a las tazas de bombeo.



## 10.- CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La contaminación del CO en interior mina, inicialmente era 47%, con la aplicación de las estrategias disminuyo al 20 %, a través del control periódico, este porcentaje ira bajando aún más por ser este un proceso dinámico.
2. El ruido de acuerdo al diagnóstico realizado pasaba los 100 decibeles, luego de las estrategias aplicadas se redujo a 70 decibeles valor aceptable por el tiempo de exposición del trabajador al ruido, siendo un logro importante de 30%.
3. La iluminación mejoró considerablemente con la implementación de reflectores móviles y mantener el estándar de iluminación de la mina.
4. Se logro obtener niveles aceptables de temperatura y humedad aplicando una ventilación adecuada en los lugares de trabajo. Con utilización de cortinas de ventilación e instalación de ventiladores secundarios para dirigir el aire limpio a las labores.
5. Se logró controlar el polvo a través del regado frecuente de lugares secos, así mismo se evitó el ingreso del personal antes de ocho horas después de una voladura.
6. Continuar con monitoreos de caudales de aire en lugares específicos, para mantener una ventilación adecuada en interior mina.

7. Para evitar la acumulación de agua se ejecuta todos los desarrollos inclinados como horizontales con cunetas dirigidos hacia la taza de bombeo.

## **12.- RECOMENDACIONES**

A la conclusión del presente trabajo de investigación se sugiere:

1. Implementar en el departamento de control ambiental un responsable exclusivo para interior mina, porque se tienen muchos aspectos ambientales que resolver como prevención antes que estos sean expulsados a superficie, se debe tomar en cuenta que en interior mina es posible manejar estos aspectos. Por ejemplo en los rajos que ya se explotan talvez rellenar con algo de piedra caliza y luego con relleno (caja), para evitar que las aguas que se infiltran a estos rajos por residencia mejoren su calidad, con esto se reduciría la acidez del agua en interior mina.
2. Debemos estar convencidos que todo proceso es una mejora continua, por tal razón se debe ir mejorando cada día, si se tendría un responsable dedicado al análisis y soluciones ambientales en interior mina se reducirían incluso los costos adicionales que se realizan en superficie.
3. Capacitación y concientización de todo el personal temas de medio ambiente subterráneo para un mejor control al igual que cuando se habla de producción o seguridad.

4. En la planificación de actividades para interior mina se debe considerar la selección del recurso humano de acuerdo a las características del trabajo a desempeñar, tomando en cuenta la edad, habilidad, conocimientos, fortaleza física y otros para conseguir un buen rendimiento en la productividad.
  
5. Los trabajos que se realizan en interior mina siempre ocasionan un desequilibrio en las condiciones ambientales por ser estos dinámicos, razón por la cual se sugiere apoyarse en este modelo de trabajo de investigación para futuras planificaciones.

### 13.- BIBLIOGRAFIA:

Dinis da Gama, Estudio de impacto ambiental subterráneo Lisboa, 2000.

Muy útil, para poder evaluar la incidencia entre el ambiente y el hombre

Weyer Jurgen, Bases modernas de ventilación minera, Alemania, 2001

Muy útil, para poder determinar técnicas modernas para mejora del ambiente subterráneo.

[www.jodimoreno.com](http://www.jodimoreno.com), EReinforcement Categories For Q System

Muy útil, para determinar espaciamiento y longitud de los pernos helicoidales.

Hoek-Brown, Rock mass strength analysis using the Hoek-Brown failure criterion Rocscience Inc, 20002

Muy útil para cálculo de ángulo de fricción y cohesión

STOPESOFT Underground Support Software

Muy útil para determinar el radio hidráulico geomecánico.

Andrade Gallardo Sergio, Guia metodológica de seguridad para proyecto de ventilación de minas. Chile, Dpto seguridad minera, 2008.

Muy útil, para poder determinar la cantidad de aire requerido en el frente de trabajo según la cantidad de personas, equipos, etc.

Carrasco Galán Jose, Curso de Ventilación en minas, Potosi, Diplomado, 2003-2004

Muy útil, para poder determinar la cantidad de aire requerido en el frente de trabajo según la cantidad de personas, equipos, etc.

Espanol Cano Santiago, Condiciones ambientales en ergonomía, Potosi, Diplomado, 2003-2004

Muy útil, para poder analizar sobreesfuerzos en interior mina

Navarro Torres Vidal, Evaluación del impacto ambiental acústico en el ambiente subterráneo, Lisboa, sf., 2005

Muy útil para analizar el efecto del ruido en los trabajadores en minería subterránea

Deutz, Análisis de aceites en motor Deutz, Manual operativo.  
Muy útil, verificar la calidad de aceites en los motores

Mckinsey & Company, Reingeniería general de una mina subterránea, Sinchi Wayra.S.A., 2008  
Muy útil, aplicación de la metodología MECE para resolución de problemas operacionales, seguridad, ambiental, económico, etc en una operación minera

AITEMIN, Software ventilación secundaria, Fundación Barredo, Madrid, 2005  
Muy útil, para poder instalar ventilación mecánica en los lugares de trabajo

[www.coepis.ops-oms.org/tutorial3/e/index.html](http://www.coepis.ops-oms.org/tutorial3/e/index.html)

Muy útil, para tener conocimiento general de la salud en lugares críticos  
Diferentes estudios del Grupo Poopó y Corporativos Sinchi Wayra S.A.

## **DETALLE DE FIGURAS**

Fig. No1 Ubicación Mina Poopó (Sinchi Wayra, 2005)

Fig. No 2 ISO 14001 Gestión ambiental subterráneo

Fig. No3 Esquema de trabajo mina Poopó

Fig. No 4 Estudio de impacto ambiental subterráneo (Dinis da Gama.,2000)

Fig. No 5 Informaciones del clima y meteorología del área del proyecto

Fig. No 6 Caracterización del aire en ambiente subterráneo

Fig. No 7 Relación genética del yacimiento (Sinchi Wayra S.A., 2008)

Fig. No 8 Geología regional mina Poopo (Sinchi Wayra S.A.,2008)

Fig. No 9 Fases de mineralización mina Poopó (Sinchi Wayra S.A., 2008)

Fig. No 10 Perfil longitudinal Veta Poopo mas reservas (SW S.A.,2008)

Fig. Nº 11 Vista 3D Rampa Nueva-XC Sauna-Corrída Pampa R. y DDH-02.

Fig. No 12 Acciones que provocan impactos ambientales en el aire de la atmósfera subterránea

Fig. No 13 Acciones que provocan impactos ambientales en el macizo rocoso

Fig. No14 Acciones que provocan impactos ambientales en agua subterránea

Fig. No15 Acciones que provocan impactos ambientales por dominio biológico

Fig. No16 Aspectos que influyen al rendimiento del trabajador

Fig. No 17 Modelo para la toma de decisiones

Fig. No 18 Correlación de vetas en Mina Poopó

Fig. No19 Corte Transversal en sector proyección Cuadro Central

Fig. No20 Determinación del RMR Mina Poopó

Fig. No 21 Determinación del método de explotación

Fig. No 22 Esquema de explotación Mina Poopó

Fig. No 23 Forma de explotación rajo Open Stope

Fig. No 24 esquema de Ore Pass ubicación cada 180 m. Sinchi Wayra S.A., 2007

Fig. No 25 Distancia y profundidad de los pernos Helicoidales

Fig. No 26 Analisis del ángulo fricción y cohesión Software Roclab

Fig. No 27 Determinación del tipo de sostenimiento

Fig. 28 Determinación del radio hidráulico geomecánico

Fig.29 Relaciones entre el tiempo de auto sostenimiento

Fig. 30, 31 Sostenimiento permanente.

Fig. No 32 Los gases en interior mina Poopó

Fig. No 33 Análisis de aceite en motor Deutz BF4M1013C (Mina Poopó, 2008)

- Fig. No 34 Triangulo de Coward para metano, hidrogeno y monóxido de carbono
- Fig. No 35 Resultados de mediciones del ruido mina Poopó
- Fig. No 36 Análisis del sonido (distancia crítica)
- Fig. No 37 Atenuación del ruido por tapón de oídos
- Fig. No 38 análisis de pérdida de la audición
- Fig. No 39 Temperatura por niveles en mina Poopó
- Fig. No 40 Variación de la concentración de polvo en los diferentes niveles
- Fig. No 41 Fracción de polvo respirable
- Fig. No 42 El bombeo en interior mina
- Fig.43 Distribución de agua termal Mina Poopó
- Fig. No 44 método de explotación open stope
- Fig. No 45 isoleyes rajos open stope
- Fig. No 46 Forma de relleno de rajos open stope
- Fig. No 47 Forma de rellenado rajos open stope
- Fig. No 48 Metodología de llenado de rajos open stope
- Fig. No 49 Otra forma de rellenado de rajos open stope

## **DETALLE DE TABLAS**

Tabla No1 Aspectos ambientales Poopó

Tabla No 2 Aspectos ambientales, roca, ruido, iluminación

Tabla No 3 Aspectos ambientales, temperatura, humedad, polución

Tabla No 4 Aspectos ambientales, gases, atmósfera, agua

Tabla No 5 Determinación del factor de pared

Tabla No 6 Intercambio de gases según (Jurgen Weyer, 2001)

Tabla No 7 Concentración de O<sub>2</sub> (%) según (Jurgen Weyer, 2001)

Tabla No 8 Relación de presión con la elevación sobre nivel del mar según (Jurgen Weyer, 2001)

Tabla No 9 Concentración de CO en mina Poopó

Tabla No 10 Consumo de explosivos por labores en mina Poopó

Tabla No 11 Combustibles y sensibilizador de explosivos según (EXSA Perú 2007)

Tabla No 12 Combustión de los explosivos (Exsa Perú, 2008)

Tabla No 13 Límites permisibles para motores diesel

Tabla No 14 datos de ruido en diferentes actividades mina Poopó

Tabla No 15 resultados presión sonora

Tabla No 16 valores aplicables para el cálculo de ventiladores

Tabla No 17 Determinación de la presión sonora en Mina Poopó

Tabla No 18 Niveles de iluminación según (Santiago Español 2002)

Tabla No 19 Determinación de la temperatura de entrada caso Poopó

Tabla No 20 Límites máximos permisibles

Tabla No 21 Constantes de cálculo según el tamaño de las partículas

Tabla No 22 Concentración del polvo para dif. diámetros y velocidades del aire

Tabla No 23 El polvo respirable en función del diámetro de las partículas

Tabla No 24 Detalle de equipo de ventilación mina Poopó

Tabla No 25 referencias plano de ventilación mina Poopó

Tabla No 26 datos de medición corregido Mina Poopó

Tabla No 27 Detalle de bombas en mina Poopó

Tabla No 28 Horas de bombeo de agua mina por mes más caudal (gestión-2008)

Tabla No 29 Análisis de mejora continua para mina Poopó, el autor, 2009

Tabla No 30 Plan estratégico para control ambiental subterráneo

Tabla No 31 Rollizos por ancho veta rajo open stope

Tabla No 32 Cantidad de caja a ser quebrada por mes

Tabla No 33 Tamaño del pilar a dejar en rajos open stope

## VOCABULARIO

**Acopio;** Se refiere a la explotación acopiando el mineral para luego descargarlos.

**Contragalería;** Es una labor minera que va paralela a la veta **Mesotermal;** Son aquellos donde la mineralización ocurrió entre 1200 a 4500 m.

**Epitermal;** Son aquellos donde la mineralización ocurrió cerca a superficie hasta 1500 m. de profundidad.

**Esfalerita;** Es un mineral de Zn su fórmula química es ZnS.

**Frecuencia;** es una medida que se utiliza para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en una unidad de tiempo.

**Hidrotermal;** Es una unión cuyos minerales provienen de la precipitación en una cavidad de la roca de sustancia contenidas en disolución por aguas profundas muy calientes y sometidas a fuertes presiones.

**Isoleyes;** Son relaciones de leyes las cuales se dibujan en función de sus rangos al igual que curvas de nivel.

**Macizo rocoso;** Es todo el conjunto de rocas y minerales que se presenta en la corteza terrestre.

**Material estéril;** Son las rocas que acompañan al mineral

**Marmatita;** Su fórmula química es (Zn,Fe)S, es un mineral que contiene Zn con 36.5% de Fe.

**Open Stope;** Es un método de explotación llamado también rajo abierto.

**Ore pass;** Se refiere a las aberturas verticales para el paso del mineral.

**Patacha;** Se refiere a los cortes que se realizan en los rajos durante la explotación.

**Productividad;** Se refiere al incremento de la producción a bajo costo

**Producción;** Es la cantidad de mineral en TMS, TMH extraídas de la mina o tratadas en la planta.

**Rajo;** en una suspensión vertical del cual se extrae el mineral.

**Rampa;** Es una labor minera que tiene inclinación positiva o negativa

**Roca ígnea;** se forman cuando la roca (magma) se enfría y solidifica, con o sin cristalización, bajo la superficie.

**Scoops;** Son las palas cargadoras a diesel o eléctricos

**Severidad;** Rigidez y exactitud en el cumplimiento de una regla, una norma o una ley.

**Sub Level Stopping;** Es un método de explotación de grandes volúmenes por taladros largos.

**Stoper;** Es una máquina perforadora la cual realiza una perforación vertical.

**Trackles;** Es el método de explotación sobre ruedas

**Tronadura;** Son las voladuras que se realizan tanto en rajos como en desarrollos.

**Veta;** Es un filón de mineral el cual tiene un rumbo y un buzamiento.

# A N E X O S

- 1.- Toma de datos en interior mina
- 2.- Cálculo estadístico (determinación del ruido)
- 3.- Ventilación mina Poopo
- 4.- Fotografías de mejoras Poopo

## 1.- TOMA DE DATOS EN INTERIOR MINA

**SINCHI WAYRA S.A.**  
PROYECTO MINERO POOPO

### MEDICIÓN DE CO EN INTERIOR MINA

ITEM	FECHA	NIVEL	PARAJE O SECTOR	PERSONAL QUE TRABAJA EN EL ÁREA	CONCENTRACIÓN DE CO (ppm)
1	23/10/2006	0	Intersección de XC sauna y Acceso a Sala de manchas	Solo personal en transito	47
2	23/10/2006	0	Sala de manchas	Solo personal en transito	22
3	23/10/2006	0	Chimenea de ventilación N° 2 de nivel -50	Solo personal en transito	21
4	23/10/2006	Rampa Poopó	Intersección entrante a Cotragalería nivel -90	Operador Scoop, operador volqueta	36
5	23/10/2006	-90	Intersección entre el recorte a veta y contragalería	Operador Scoop, operador volqueta	31
6	23/10/2006	-90	Tope contragalería Sud	Sin labores	23
7	23/10/2006	-90	Tope contragalería Norte en limpia, en el momento scoop apagado	Operador Scoop,	53 *
8	23/10/2006	-90	Tope, corrida lado Sud	Sin labores	30
9	23/10/2006	-90	Tope, corrida lado norte	Sin labores	28

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN INTERIOR MINA**

ITEM	FECHA	NIVEL	PARAJE O SECTOR	PERSONAL QUE TRABAJA EN EL ÁREA	TEMPERATURA REGISTRADA (°C)
1	25/10/2006	0	Interseccion ingreso a sauna y sala de manchas	Solo personal en transito	19.7 *
2	25/10/2006	Rampa Poopó	Buzón N° 1	Solo personal en transito	18.2 *
3	25/10/2006	-50	Interseccion ingreso aRampa Poopó	Solo personal en transito	20.1 *
4	25/10/2006	Rampa Poopó	Interseccion ingreso a chimenea de ventilación N° 1 a nivel -50	Solo personal en transito	22.0 *
5	25/10/2006	Rampa Poopó	Interseccion ingreso a chimenea de ventilación N° 2 a nivel -50	Solo personal en transito	24.3 *
6	25/10/2006	Rampa Poopó	Interseccion de ingreso a nivel -90	Eusebio Calle, Faustino Alejandro, Personal de limpia y extracción.	24.6 *
7	25/10/2006	-90	Contragalería norte (tope disparado)	Tito Miranda, Hernan Huanca y Wilson Ríos	26.0 *
8	25/10/2006	-90	Contragalería Sur (tope)		26.3 *
9	25/10/2006	-90	Corrida sur	Eusebio Calle, Faustino Alejandro, Personal de limpia y extracción.	28.7 *
10	25/10/2006	-90	Corrida norte (tope disparado)	Claudio Astete y Efraín Choque, Personal de limpia y extracción	28.0 *
11	25/10/2006	-50	Intersección de contragalería y estación de bombeo	Bomberos y personal de tránsito	23.3 *
12	25/10/2006	-50	Intersección de contragalería sur y primer recorte veta.	Abundio Lia, Eleuterio Bolaños, Wilfredo Martinez, Pedro Quispe.	24.5 *
13	25/10/2006	-50	Tope de contragalería sur (tope en perforación)	Abel Torrez, Sergio Colque y Virgilio Flores.	27.5 *
14	25/10/2006	-50	Corrida sur (Tope en perforación)	Wilfredo Martinez, Pedro Quispe.	27.3 *
15	25/10/2006	-50	Corrida norte (tope en ventilación)	Abundio Lia y eleuterio Bolaños.	26.4 *
16	25/10/2006	-50	Recorte a cuadro (Tope en soslenimiento)	Juan Ignacio, Samuel Poma y Hernan Huanca.	25.2 *
17	25/10/2006	-50	Preparación de sala de mantenimiento	Teodoro Astete, Florencio Tomás y Delfin Flores.	25.1 *

**SINCHI WAYRA S.A.** (\*) Puntos que sobrepasan los rangos de confort.  
**PROYECTO MINERO POOPO** RANGO DE CONFORT: 15° C a 18° C (Ideal a agradable)

**MEDICIÓN DE HUMEDAD RELATIVA EN INTERIOR MINA**

ITEM	FECHA	NIVEL	PARAJE O SECTOR	PERSONAL QUE TRABAJA EN EL ÁREA	HUMEDAD RELATIVA (%)
1	25/10/2006	0	Interseccion ingreso a sauna y sala de manchas	Solo personal en transito	39,8 *
2	25/10/2006	Rampa Poopó	Buzón N° 1	Solo personal en transito	54,2 *
3	25/10/2006	-50	Interseccion ingreso aRampa Poopó	Solo personal en transito	56,5 *
4	25/10/2006	Rampa Poopó	Interseccion ingreso a chimenea de ventilación N° 1 a nivel -50	Solo personal en transito	64,7 *
5	25/10/2006	Rampa Poopó	Interseccion ingreso a chimenea de ventilación N° 2 a nivel -50	Solo personal en transito	94,8 *
6	25/10/2006	Rampa Poopó	Interseccion de ingreso a nivel -90	Eusebio Calle, Faustino Alejandro, Personal de limpia y extracción.	99,9 *
7	25/10/2006	-90	Contragalería norte (tope disparado)	Tito Miranda, Hernan Huanca, Wilson Ríos	99,9 *
8	25/10/2006	-90	Contragalería Sur (tope)		85,1 *
9	25/10/2006	-90	Corrida sur	Eusebio Calle, Faustino Alejandro, Personal de limpia y extracción.	99,9 *
10	25/10/2006	-90	Corrida norte (tope disparado)	Claudio Astete y Efraín Choque, Personal de limpia y extracción	99,9 *
11	25/10/2006	-50	Intersección de contragalería y estación de bombeo	Bomberos y personal de tránsito	59,6 *
12	25/10/2006	-50	Intersección de contragalería sur y primer recorte veta.	Abundio Lia, Eleuterio Bolaños, Wilfredo Martinez, Pedro Quispe	96,8 *

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POPOO**

**MEDICIÓN DE RUIDO EN INTERIOR MINA**

ITEM	FECHA	NIVEL	PARAJE O SECTOR	EQUIPO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	PERSONAL QUE TRABAJA EN EL ÁREA	RUIDO REGISTRADO (db)
1	24/10/2006	-50	Intersección contragalería y recorte	Ventilador N° 1	5 min	Personal de paso	98,7
2	24/10/2006	-50	Contragalería Sur	Boomer	2 h 15 min	Eufracio Condori, Leonardo Colque y Ricardo Zenteno	110,3 (*)
3	24/10/2006	-50	Corrida norte (perforación convencional)	Jack leg	2 h 15 min	Abundio Lia y Eleuterio Bolaños	112,1 (*)
4	24/10/2006	-50	Intersección taza de bombeo	Scoop N° 2	6 h	Pedro Reinaga	102,3 (*)
5	24/10/2006	-50	Taza de bombeo	Bomba Galigher	15 min	Gumerindo Ventura	93,9
6	24/10/2006	-50	Contragalería norte	Ventiladores en serie y paralelo	5 min	Personal en tránsito	104,4 (*)
7	24/10/2006	Rampa	Intersección con recorte -50	Volqueta DUX	6 h	Eduardo Lopez	99 (*)
8	24/10/2006	-90	Contragalería Sur	Scoop N° 1	6 h	Herminio Santos	98,5 (*)
9	24/10/2006	-90	Intersección de recorte con corrida	Difusor	15 min	Personal en tránsito	115,2 (*)

(\*) Puntos que sobrepasan los límites permisibles.

**LÍMITE PERMISIBLE POR TIEMPO DE EXPOSICIÓN (db)**

TIEMPO DE EXPOSICIÓN	LÍMITE PERMISIBLE (db)
15 (min)	100
30 (min)	97
1 (hora)	94
2 (horas)	91
4 (horas)	88
8 (horas)	85
16 (horas)	82
24 (horas)	80

Referencia: VALORES LÍMITES PERMISIBLES PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS Y AGANTES FÍSICOS & ÍNDICES DE EXPOSICIÓN BIOLÓGICA.

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POPOO**

**MEDICIÓN DE POLVO EN SECCIÓN MINA**

ITEM	FECHA	NIVEL	PARAJE	PERSONAL QUE TRABAJA EN EL ÁREA	TIEMPO DE MUESTREO	CAUDAL DE MUESTREO (l/min)	CONCENTRACIÓN DE POLVO (mgr/m <sup>3</sup> )
1	09/11/2006	-90	Corrida Sur	Eusebio Calle, Faustino Alejandro	6 h 18 min	1,8	47,472 *

(\*) Puntos que sobrepasan los límites permisibles.

**LÍMITE PERMISIBLE DE POLVO RESPIRABLE: 2 mgr/m<sup>3</sup>**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: 2C-Norte

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 15/11/2007

PERFORISTA: Claudio Astete

AYUDANTE: Efrain Choque

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS						
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mgrm3]
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2				
1	9:24	N-2C-Norte	Tojeo	578	530		21	85,1	55	39,33
2	9:30	N-2C-Norte	Ambos se preparan para perforar				21	85,0	51	
3	10:03	N-2C-Norte	Se encuentran en proceso de perforación				23	84,2	114,3	
4	10:30	N-2C-Norte	En pleno proceso de perforación	420	504		23	82,7	115,3	
5	10:57	N-2C-Norte	En pleno proceso de soplado de taladros				23,5	77,3	96,1	
6	11:30	N-2C-Norte	Empiezan a retirar sus herramientas				23	78,6	60,2	
7	12:05	N-2C-Norte	Se preparan para masticar coca				24	76	57,7	
8	12:38	N-2C-Norte	Se preparan para cargar los taladros con explosivo				23,5	77,1	56	
9	13:20	N-2C-Norte	En pleno cargado de explosivos	285	420		23,5	76,5	83,1	

RESULTADOS DE OBSERVACIÓN	
Promedio de temperatura registrada	22,8
Promedio humedad relativa	80,3
Promedio ruido durante la perforación	114,8
Promedio ruido durante el cargado	83,1
Promedio polvo en suspensión en un tiempo de muestreo de 291 [min]	39,33
Iluminación máxima perforista, distancia 1 [m]	578
Iluminación mínima perforista, distancia 1 [m]	285
Iluminación máxima ayudante, distancia 1 [m]	530
Iluminación mínima ayudante, distancia 1 [m]	420

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: 2C-Sur

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 16/11/2007

PERFORISTA: Eleuterio Bolaños

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Casto Nuñez

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS						
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mgrm3]
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2				
	9:11		Inicio de actividades después de masticar coca.	126						
1	9:45	N-2C-Sur	Tojeo	320	580		23,5	99,9	68,0	
2	10:18	N-2C-Sur	Limpieza del tope				25,5	96,5	77,0	
3	10:45	N-2C-Sur	Para la limpieza y empiezan a prepararse para instalar servicios.				26,0	93,3	60,0	
4	11:00	N-2C-Sur	Inician la perforación	297	560		26,0	93,6	111,0	

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: 1A-Norte

PROCESO: Perforación con boomer

FECHA: 20/11/2007

PERFORISTA: Teodoro Astete

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Florencio Tomás 2º AYUDANTE: Delfin Flores

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS							
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mgr/m3]	
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2					
	9:26		Inicio de actividades después de masticar coca.								
1	9:55	N-1A-Norte	Perforación con Boomer	96	91		24,0	99,9	102,0	38,57	
2	10:25	N-1A-Norte	Perforación con Boomer				25,5	99,9	106,0		
3	10:42	N-1A-Norte	Sin perforación				26,5	99,9	90,0		
4	10:57	N-1A-Norte	En pleno proceso de perforación.	78	76		26,7	99,9	103,0		
5	11:25	N-1A-Norte	Perforación de taladro de expansión				26,7	99,9	110,0		
6	11:47	N-1A-Norte	Conclusión de perforación y encendido de motor				26,5	99,9	85,0		
7	11:55	N-1A-Norte	Tojeo				26,7	99,9	70,0		
8	12:05	N-1A-Norte	Limpeza de taladro				27,0	99,9	89,0		
9	12:15	N-1A-Norte	Cargado de ANFO	59	60		26,9	99,9	80,0		
10	12:35	N-1A-Norte	Cargado de ANFO				27,0	98,9	76,0		

**RESULTADOS DE OBSERVACIÓN**

Promedio de temperatura registrada	26,4
Promedio humedad relativa	99,8
durante la perforación	102,2
durante el cargado	78,0
en suspensión en un tiempo de muestreo de 278 [min]	38,57
iluminación máxima perforista, distancia 5 [m] (mas ilum. De equipo)	96
iluminación mínima perforista, distancia 5 [m] (mas ilum. De equipo)	59
iluminación mínima ayudante, distancia 5 [m] (mas ilum. De equipo)	60

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: SN-2B-Norte

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 29/11/2007

PERFORISTA: Wilfredo Martinez

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Gumercindo Ventura

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS							
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mgr/m3]	
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2					
	8:36		Inicio de actividades								
			127								
1	9:01	SN-2B-Norte	Tojeo				23,4	99,9	84,0		
2	9:35	SN-2B-Norte	Preparación para perforación	310	200		24,8	99,9	83,0		
3	10:02	SN-2B-Norte	Preparación tope				25,0	99,9	116,0		
4	10:30	SN-2B-Norte	Perforación techo de tope				25,0	99,9	116,0		
5	10:59	SN-2B-Norte	Perforación tope				25,5	98,5	114,0		

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: SN-2B-Sur

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 21/11/2007

PERFORISTA: Eusebio Calle Condori

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Faustino Alejandro

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS						
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mgr/m3]
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2				
	10:20	Inicio de actividades entrada a mina								
1	10:48	SN-2B-Sur	Perforación	250	290		25,0	99,9	121,0	50,48
2	11:10	SN-2B-Sur	Perforación				26,5	99,9	119,0	
3	11:35	SN-2B-Sur	Perforación de techo				27,4	99,9	119,8	
4	11:52	SN-2B-Sur	Conclusión de perforación				27,7	99,9	74,0	
5	12:00	SN-2B-Sur	Soplado de taladros				28,6	99,9	93,0	
6	12:23	SN-2B-Sur	Salida de tope				27,0	99,9	70,0	
7	13:30	SN-2B-Sur	Cargado de ANFO	240	280		26,3	99,9	93,0	
8	14:00	SN-2B-Sur	Cargado de ANFO				28,0	99,9	85,0	

**RESULTADOS DE OBSERVACIÓN**

Promedio de temperatura registrada	27,063
Promedio humedad relativa	99,9
Promedio ruido durante la perforación	119,93
Promedio ruido durante el cargado	89,0
Promedio polvo en suspensión en un tiempo de muestreo de 241 [min]	50,48
Iluminación máxima perforista, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	250
Iluminación mínima perforista, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	240
Iluminación máxima ayudante, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	290
Iluminación mínima ayudante, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	280

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EV**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: SN-1E-SUD

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 26/11/2007

PERFORISTA: Victor Flores

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE:

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS						
				ILUMINACIÓN			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA	RUIDO [db]	POLVO [mgr/m3]
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2				
	9:49	Inicio de								
		<b>128</b>								
1	10:20	SN-1E-Sur	Tojeo				23,0	99,9	70,0	41,72
2	11:05	SN-1E-Sur	Tojeo				23,8	99,9	73,0	
3	11:30	SN-1E-Sur	Tojeo				23,8	99,9	73,8	
4	12:09	SN-1E-Sur	Acalado de la limpieza	275	250		24,5	99,9	65,0	
5	12:35	SN-1E-Sur	Preparación para perforación				24,8	99,9	65,0	

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: SN-1B-Sur

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 27/11/2007

PERFORISTA: Teofilo Diaz

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Maximo Berdeja

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS						
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mg/m <sup>3</sup> ]
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2				
	8:46	Inicio de actividades								
1	8:50	SN-1B-Sur	Limpieza con mini scoop				22,0	99,9	85,0	35,40
2	9:15	SN-1B-Sur	Limpieza con mini scoop				24,5	99,9	83,0	
3	9:46	SN-1B-Sur	Limpieza con mini scoop				24,8	99,9	83,5	
4	10:15	SN-1B-Sur	Limpieza manual en el tope	250	254		27,0	99,9	83,0	
5	10:45	SN-1B-Sur	Perforación tope				26,5	99,9	115,0	
6	11:02	SN-1B-Sur	Perforación tope				26,5	99,9	114,0	
7	11:15	SN-1B-Sur	Perforación tope				26,7	99,9	113,6	
8	11:32	SN-1B-Sur	Perforación de ensanchamiento				26,7	99,9	116,0	
9	11:52	SN-1B-Sur	Se detiene la perforación				27	99,9	84	
10	12:02	SN-1B-Sur	Continua perforacion				26,7	99,9	113	
11	12:20	SN-1B-Sur	Limpieza de taladro				27	99,9	97	
12	12:37	SN-1B-Sur	Cargado de ANFO				26,8	99,9	96	
13	13:05	SN-1B-Sur	Conclusion de actividades	71	90		27	99,9	83	

RESULTADOS DE OBSERVACIÓN	
Promedio de temperatura registrada	26,1
Promedio humedad relativa	99,9
Promedio ruido durante la perforación	114,65
Promedio ruido durante el cargado	96,0
Promedio polvo en suspensión en un tiempo de muestreo de 277 [min]	35,40
en máxima perforista, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	250
en mínima perforista, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	71
en máxima ayudante, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	254
en mínima ayudante, distancia 1 [m] (mas ilum. De equipo)	90

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: SN-1C-SUD

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 11/12/2007

PERFORISTA: Franz Choque

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Carlos Rafael

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS						
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mg/m <sup>3</sup> ]
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2				

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: SN-D1-SUD

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 28/11/2007

PERFORISTA: Victor Flores

130

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Santiago Mendoza

				PARÁMETROS MEDIDOS			
				ILUMINACIÓN (lx)	HUMEDAD		

**SINCHI WAYRA S.A.**  
**PROYECTO MINERO POOPO**

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL POR LABORES Y OCUPACIONES**

SECCIÓN: MINA

NIVEL: SN-2C-SUD

PROCESO: Perforación convencional

FECHA: 12/12/2007

PERFORISTA: Eusebio Calle

EVALUADOR: Wiston Medrano E.

AYUDANTE: Faustino Alejandro

ÍTEM	HORARIO	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	PARÁMETROS MEDIDOS						
				ILUMINACIÓN [Lux]			TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]	POLVO [mgr/m3]
				Perf.	Ayud. 1	Ayud. 2				
	9:26	Inicio de actividades	131							
1	9:50	SN-2C-Sur	Limpieza manual paraje				26	99,9	95,0	
2	10:20	SN-2C-Sur	Preparacion de perforacion	448	402		27,2	99,9	79,0	
3	10:40	SN-2C-Sur	Perforacion				27,7	99,9	121,0	
4	11:18	SN-2C-Sur	Perforacion				28,0	99,0	117,0	
5	11:50	SN-2C-Sur	Perforacion				28 0	98 5	120 0	36 24

**EVALUACIÓN DE HIGIENE INDUSTRIAL EN SECCIÓN MINA**

ÍTEM	UBICACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS								
		ILUMINACIÓN [Lux]				TEMP. [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]	RUIDO [db]		POLVO [mgr/m3]
		Perf.	Ayud. 1	Perf.	Ayud. 1			Perforación	Cargado	
		MAX.	MIN.	MIN.	MAX.					
1	N-2C-Norte	578	530	285	420	22,8	80,3	114,8	83,1	39,33
2	N-2C-Sur	320	580	202	480	25,4	93,6	114,5	88,5	33,75
3	N-1A-Norte	96	91	59	60	26,4	99,8	102,2	78,0	38,57
4	SN-2B-Sur	250	290	240	280	27,1	99,9	119,9	89,0	50,48
5	SN-2B-Norte	310	200	60	56	25,2	97,1	94,3	86,0	41,04
6	SN-1E-Sur	275	250	255	230	24,2	99,9	67,2		41,72
7	SN-1B-Sur	250	254	71	90	26,1	99,9	114,7	96,0	35,4
8	SN-D1-Sur	350	560	270	450	23,4	99,9	113,3	88,0	36,68
9	SN-1C-Sur	183	190	91		23,8	98,4	113,2	91,0	36,08
10	SN-2C-Sur	448	402	369	350	27,04	95,1	119,3	91,0	36,24

Limites permisibles	350	350	13-18	20-95	90	2
---------------------	-----	-----	-------	-------	----	---

Tiempo promedio de perforación convencional = 1:13 (Una hora con 13 minutos)

Tiempo promedio de perforación con boomer = 2,30 (Dos horas con 30 minutos)

**CALCULO DE POLVO EN EL AIRE**

Nº	FECHA DE MUESTREO	CÓDIGO MUESTRA	PESO INICIAL [gr]	PESO FINAL [gr]	PESO MUESRA [gr]	TIEMPO DE MUESTREO [min]	CUADAL DE MUESTREO [l/min]	FACTOR DE CONVERSIÓN	POLVO EN EL AIRE [mg/m³]	CONTRATO
1	15/11/2007	SP/PM-10	16,4801	16,5007	0,0206	291	1,8	1,00E+06	39,33	Claudio Astete
2	16/11/2007	SP/PM-09	16,4652	16,4847	0,0195	321	1,8	1,00E+06	33,75	Eleuterio Bolaños
3	20/11/2007	SP/PM-08	16,4688	16,4881	0,0193	278	1,8	1,00E+06	38,57	Teodoro Astete
4	21/11/2007	SP/PM-07	16,4356	16,4575	0,0219	241	1,8	1,00E+06	50,48	Eusebio Calle
5	24/11/2007	SP/PM-03	16,5198	16,5461	0,0263	356	1,8	1,00E+06	41,04	Wilfredo Martínez
6	26/11/2007	SP/PM-06	16,4317	16,4501	0,0184	245	1,8	1,00E+06	41,72	Víctor Flores
7	27/11/2007	SP/PM-05	16,4832	16,5084	0,0252	277	1,8	1,00E+06	50,54	Teófilo Díaz
8	28/11/2007	SP/PM-04	16,4677	16,4916	0,0239	362	1,8	1,00E+06	36,68	Víctor Flores

## 2.- CALCULO ESTADISTICO (DETERMINACION DEL RUIDO)

### NIVEL 3660

y	x	xy	x2
110,00	40	4400	1600
111,00	35	3885	1225
114,00	30	3420	900
114,00	25	2850	625
117,00	20	2340	400
116,00	15	1740	225
118,00	10	1180	100
119,83	5	599,14	25
<b>919,8</b>	<b>180</b>	<b>20414</b>	<b>5100</b>

	a	b	
180	919,8274	8	180
8	20414,14	180	5100

x	y	y'	y-y'	(y-y') <sup>2</sup>
110	40	110,28	-0,28	0,08
111	35	111,62	-0,62	0,39
114	30	112,96	1,04	1,07
114	25	114,31	-0,31	0,09
117	20	115,65	1,35	1,82
116	15	116,99	-0,99	0,99
118	10	118,34	-0,34	0,11
119,8	5	119,68	0,15	0,02
				4,57
Factor				6,00
				0,76

Desviación estándar **0,873**

Yo	Ypro	Yo-Ypro	(Yo-Ypro) <sup>2</sup>	y'	y'-Ypro	(y'-Ypro) <sup>2</sup>	Yo-y'	(Yo-y') <sup>2</sup>
110	114,98	-4,98	24,78	110,28	-4,70	22,09	-0,28	0,08
111	114,98	-3,98	15,83	111,62	-3,36	11,27	-0,62	0,39
114	114,98	-0,98	0,96	112,96	-2,01	4,06	1,04	1,07
114	114,98	-0,98	0,96	114,31	-0,67	0,45	-0,31	0,09
117	114,98	2,02	4,09	115,65	0,67	0,45	1,35	1,82
116	114,98	1,02	1,04	116,99	2,01	4,06	-0,99	0,99
118	114,98	3,02	9,13	118,34	3,36	11,27	-0,34	0,11
119,83	114,98	4,85	23,51	119,68	4,70	22,09	0,15	0,02
<b>919,83</b>			<b>80,300265</b>			<b>75,72632</b>		<b>4,57394</b>

33

media 114,98

R2 0,943

R2 94,3

## NIVEL 3740

y	x	xy	x2
102,00	40	4080	1600
103,00	35	3605	1225
105,00	30	3150	900
108,00	25	2700	625
105,00	20	2100	400
106,00	15	1590	225
108,00	10	1080	100
110,77	5	553,85	25
847,8	180	18859	5100

	a	b	
180	847,7703	8	180
8	18858,85	180	5100
	152598,7	1440	32400
	-150870,8	-1440	-40800
b	1727,847		-8400
b	-0,20570		
a			-37,03
a	110,60		

	leD	
110,10	40	101,87
110,34	35	103,14
110,45	30	104,28
110,56	25	105,42
110,68	20	106,56
110,70	15	107,62
110,74	10	108,69
110,77	5	109,74

x	y	y"	y-y"	(y-y")2
102	40	102,37	-0,37	0,14
103	35	103,40	-0,40	0,16
105	30	104,43	0,57	0,33
108	25	105,46	2,54	6,47
105	20	106,49	-1,49	2,21
106	15	107,51	-1,51	2,29
108	10	108,54	-0,54	0,29
110,8	5	109,57	1,20	1,44

Factor	13,32
	6,00
	2,22

Desviacion estándar 1,49

media 105,97

R2 0,769

R2 76,9

leqD=lemax-0.20570D

Yo	Ypro	Yo-Ypro	(Yo-Ypro)2	y"	y"-Ypro	(y"-Ypro)2	Yo-y"	(Yo-y")2
102	105,97	-3,97	15,77	102,37	-3,60	12,96	-0,37	0,14
103	105,97	-2,97	8,83	103,40	-2,57	6,61	-0,40	0,16
105	105,97	-0,97	0,94	104,43	-1,54	2,38	0,57	0,33
108	105,97	2,03	4,12	105,46	-0,51	0,26	2,54	6,47
105	105,97	-0,97	0,94	106,49	0,51	0,26	-1,49	2,21
106	105,97	0,03	0,00	107,51	1,54	2,38	-1,51	2,29
108	105,97	2,03	4,12	108,54	2,57	6,61	-0,54	0,29
110,77	105,97	4,80	23,03	109,57	3,60	12,96	1,20	1,44

847,77			57,749509			44,42642		13,3231
--------	--	--	-----------	--	--	----------	--	---------

## NIVEL 3720

y	x	xy	x2
102,00	40	4080	1600
104,00	35	3640	1225
104,00	30	3120	900
106,50	25	2662,5	625
106,00	20	2120	400
105,00	15	1575	225
107,00	10	1070	100
108,42	5	542,12	25
842,9	180	18810	5100

	a	b	
180	842,9231	8	180
8	18809,62	180	5100
	151726,2	1440	32400
	-150476,9	-1440	-40800
b	1249,235		-8400
b	-0,14872		
a			-26,77
a	108,71		

	leD	
108,15	40	102,2
108,29	35	103,6

x	y	y"	y-y"	(y-y")2
102	40	102,76	-0,76	0,58
104	35	103,51	0,49	0,24
104	30	104,25	-0,25	0,06
106,5	25	104,99	1,51	2,27
106	20	105,74	0,26	0,07
105	15	106,48	-1,48	2,19
107	10	107,22	-0,22	0,05
108,4	5	107,97	0,46	0,21

Factor	5,68
	6,00
	0,95

Desviacion estándar 0,973

media 105,37

R2 0,804

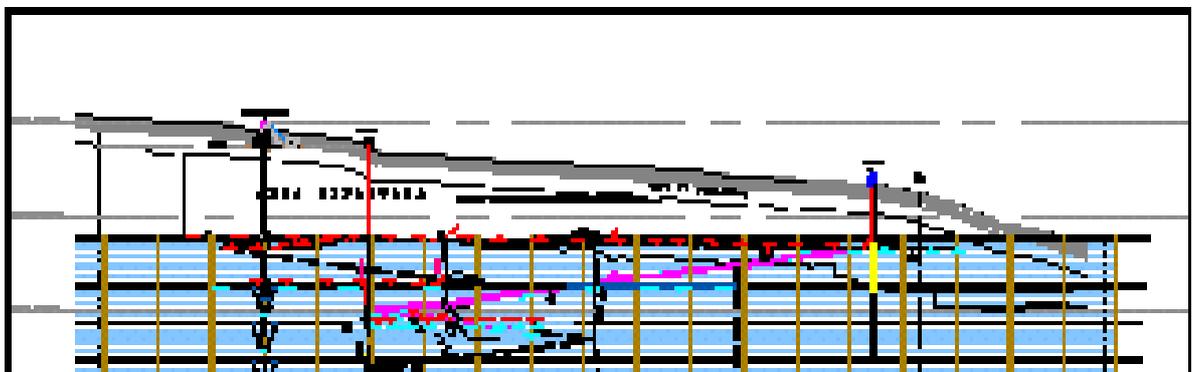
R2 80,4

leqD=lemax-0.14872D

Yo	Ypro	Yo-Ypro	(Yo-Ypro)2	y"	y"-Ypro	(y"-Ypro)2	Yo-y"	(Yo-y")2
102	105,37	-3,37	11,33	102,76	-2,60	6,77	-0,76	0,58
104	105,37	-1,37	1,86	103,51	-1,86	3,46	0,49	0,24
104	105,37	-1,37	1,86	104,25	-1,12	1,24	-0,25	0,06
106,5	105,37	1,13	1,29	104,99	-0,37	0,14	1,51	2,27
106	105,37	0,63	0,40	105,74	0,37	0,14	0,26	0,07
105	105,37	-0,37	0,13	106,48	1,12	1,24	-1,48	2,19
107	105,37	1,63	2,67	107,22	1,86	3,46	-0,22	0,05
108,42	105,37	3,06	9,35	107,97	2,60	6,77	0,46	0,21

842,92			28,899602			23,22304		5,67656
--------	--	--	-----------	--	--	----------	--	---------

### 3.- VENTILACION MINA POOPO



#### 4.- FOTOGRAFIAS DE MEJORAS POOPO







