

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**“PROYECTO DE LA CHIMENEA ALIMAK 081 PARA LA
MEJORA DEL CIRCUITO DE VENTILACIÓN DEL NIVEL 4230
DE LA UNIDAD MINERA HUACHOCOLPA UNO - CÍA.
MINERA KOLPA S.A.”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA DE MINAS**

Presentado por:

Bach. Paola Stephanny Sánchez Cárdenas

Ayacucho - Perú

2017

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE TABLAS	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS	vi
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	1
1.1.1. UBICACIÓN	1
1.1.2. VÍAS DE ACCESO	3
1.2. FISIOGRAFÍA	3
1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4. REALIDAD PROBLEMÁTICA	7
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.5.1. PROBLEMA GENERAL	8
1.5.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	8

1.6. OBJETIVOS	8
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	8
1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.8. HIPÓTESIS	10
1.8.1. HIPÓTESIS GENERAL	10
1.8.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	10
1.9. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y SUS INDICADORES	10
1.10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. GEOLOGÍA	12
2.1.1. GEOLOGÍA REGIONAL	12
2.1.2. GEOLOGÍA LOCAL	13
2.1.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	14
2.1.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA	15
2.1.4.1. GÉNESIS Y PARAGÉNESIS	16
2.1.4.2. MINERALOGÍA	17
2.1.4.3. ZONEAMIENTO	18
2.1.4.4. ALTERACIONES	19
2.1.4.5. ESTRUCTURAS MINERALIZADAS	21

2.1.4.6. CUBICACIÓN DE RESERVAS	24
2.1.5. POSIBILIDADES MINERALÓGICAS DEL YACIMIENTO	25
2.2. MINERÍA	26
2.2.1. LABORES DE DESARROLLO Y PREPARACIÓN	26
2.2.2. MÉTODO DE MINADO POR CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO	27
2.2.3. CICLO DE MINADO	29
2.2.4. COSTO DE EXPLOTACIÓN	33
2.3. SISTEMA DE VENTILACIÓN	34
2.3.1. VENTILACIÓN SUBTERRÁNEA	34
2.3.2. VENTILACIÓN PRINCIPAL	35
2.3.3. VENTILACIÓN SECUNDARIA	36
2.3.4. VENTILACIÓN AUXILIAR	37
2.3.5. VARIABLES DE LA VENTILACIÓN DE MINAS	38
2.3.6. REQUERIMIENTO DE AIRE	40
2.3.6.1. CAUDAL REQUERIDO POR EL NÚMERO DE TRABAJADORES	41
2.3.6.2. CAUDAL REQUERIDO POR EL CONSUMO DE MADERA	42
2.3.6.3. CAUDAL REQUERIDO POR TEMPERATURA EN LAS LABORES DE TRABAJO	43
2.3.6.4. CAUDAL REQUERIDO POR EQUIPO CON MOTOR PETROLERO	43
2.3.6.5. CAUDAL REQUERIDO POR FUGAS	44

CAPÍTULO III

SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL NIVEL 4230 MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

3.1. JUSTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA ALIMAK 081	45
3.2. LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA	46
3.2.1. LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN	46
3.2.1.1. PUNTOS DE MONITOREO DE VENTILACIÓN	47
3.2.1.2. PARÁMETROS DE VENTILACIÓN	47
3.2.1.3. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL AIRE	52
3.2.2. CIRCUITO DEL AIRE DE LA MINA	55
3.2.3. CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AIRE DE LA ZONA DE PROFUNDIZACIÓN DE RAMPA 1 NIVEL 4230, ANTES DE LA CHIMENEA ALIMAK 081	56
3.2.4. BALANCE DE INGRESO Y SALIDA DEL AIRE DE LA ZONA DE PROFUNDIZACIÓN RAMPA 1 NIVEL 4230, ANTES DE LA CHIMENEA ALIMAK 081	58
3.3. INGENIERÍA BÁSICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA ALIMAK 081	61
3.3.1. CONSIDERACIONES EN LA ELECCIÓN DEL EQUIPO ALIMAK PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA	61

3.3.2. DISEÑO DE LA CHIMENEA ALIMAK 081	62
3.3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO ALIMAK PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA	73
3.3.4. ANÁLISIS GEOMECÁNICO Y ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCION DE LA CHIMENEA ALIMAK	75
3.3.5. EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN	81

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

4.1. COSTO DE PRODUCCION	83
4.2. VALOR DE LAS RESERVAS	84
4.3. VALOR DE LA PRODUCCION	86
4.4. VIDA DE LA MINA	87
4.5. INVERSION	87
4.5.1. COSTO PROYECTADO DE LA CHIMENEA ALIMAK 081	87
4.5.2. CRONOGRAMA DE LA INVERSIÓN	88
4.5.3. FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN	89
4.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	90
4.6.1. ESTADOS FINANCIEROS	90
4.6.2. VALOR ACTUAL NETO (VAN)	93
4.6.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	94
4.6.4. PERIODO DE RECUPERACION (PAYBACK)	94

4.6.5. RELACIÓN BENEFICIO – COSTO (B/C)	95
4.7. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PRESUPUESTO PROYECTADO Y LOS COSTOS EJECUTADOS	96
4.8. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACION	97
4.9. OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS	102
4.10. DISTRIBUCIÓN UNIFILAR DEL SISTEMA DE VENTILACION ANTES Y DESPUES DE LA CONSTRUCCION DE LA CHIMENEA ALIMAK 081	105
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	
1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	
2. PLANOS	
3. FOTOGRAFÍAS	

DEDICATORIA

A Dios, por su iluminación y bendición, brindada día a día en mi vida.

Con eterna gratitud a mi madre y abuela, quienes con su apoyo incondicional hicieron posible la conclusión de mis estudios.

Con mucho cariño y especial consideración a mi esposo e hija, por ser fuente de inspiración y motivación para seguir adelante.

Con estima personal a los docentes de la E.F.P. Ingeniería de Minas, quienes con sus sabios conocimientos son el pilar de mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la Cía. Minera Kolpa S.A., representada en la Superintendencia General por el Ing. Hanry Guillén Vilca, por haberme brindado la oportunidad de realizar el presente trabajo.

De manera especial, al Ing. Indalecio Quispe Rodriguez y al Ing. Julio Zaga Huamán, cuyas orientaciones, acertado asesoramiento y constante apoyo, permitieron lograr con éxito los objetivos propuestos.

Asimismo, mi profundo reconocimiento a los distinguidos catedráticos de la E.F.P. Ingeniería de Minas por mi formación profesional y por su apoyo invaluable con sus sabios consejos.

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1.1. Ruta y vías de acceso a la mina	3
2.1. Cubicación de Reservas Zona Rp 01	25
2.2. Costo de Explotación de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado	33
2.3. Relación de Ventiladores Principales	35
2.4. Relación de Ventiladores Secundarios	36
2.5. Relación de Ventiladores Auxiliares	37
3.1. Levantamiento de la Ventilación de Rampa 1	53
3.2. Circuito de Ventilación de la zona de profundización de Rampa 1 antes de la Chimenea Alimak 081	55
3.3. Balance General de Aire antes de la Chimenea Alimak 081	60
3.4. Características Plataforma Trepadora Eléctrica Alimak modelo STH-5E	74
3.5. Programa de Ejecución de la Chimenea Alimak 081	75
3.6. Calidad del Macizo Rocoso	78
3.7. Cronograma de Ejecución de la Chimenea Alimak 081	81
4.1. Costo de Producción de la Unidad Minera Huachocolpa Uno	83
4.2. Valorización de los concentrados de plomo	84
4.3. Valorización de los concentrados de zinc	84
4.4. Valorización de los concentrados de cobre	84
4.5. Valor del mineral de cabeza	86

4.6. Costo proyectado de la chimenea alimak 081	88
4.7. Cuadro de amortizaciones	90
4.8. Estado de Péridas y Ganancias	91
4.9. Flujo de Caja	92
4.10. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)	93
4.11. Comparación entre Proyectado y Ejecutado	97
4.12. Relación de Tapones instalados	99
4.13. Circuito de Ventilación de profundización de rampa 1 después de la Chimenea Alimak 081	100
4.14. Balance General de aire de la zona de profundización Rampa 1	101
4.15. Costo de Ventilación antes de la Chimenea Alimak 081	103
4.16. Costo de Ventilación después de la Chimenea Alimak 081	104

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1.1. Ubicación y Accesos a la mina	2
2.1. Diseño del Método de Explotación	28
3.1. Puntos de Medición de Irregularidades	51
3.2. Diseño en 3D de la chimenea alimak 081	63
3.3. Vista en planta de la chimenea alimak 081	64
3.4. Diseño de Cámara para Chimeneas Verticales	65
3.5. Diseño de Cámara para Chimeneas Inclinas	66
3.6. Diseño de Cámaras Independientes para operación y limpieza de carga	66
3.7. Diámetro óptimo de la Chimenea Alimak 081	72
3.8. Plataforma Trepadora Alimak STH-5L	73
3.9. Plano Geomecánico de la zona de estudio (Prog. 284 – 287)	76
3.10. Plano Geomecánico CH – 081 (Vista en planta)	77
3.11. Generación de pequeñas cuñas por efecto de la configuración de discontinuidades presentes en el macizo rocoso de la CH 081	80

INDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS

Cía.	:	Compañía
S.A.	:	Sociedad Anónima
U.E.A.	:	Unidad Económica Administrativa
m.s.n.m.	:	Metros sobre el nivel del mar
Oz	:	Onzas
TM	:	Toneladas Métricas
Yd ³	:	Yardas cúbicas
CFM	:	Pies cúbicos por minuto
ft ³ /min	:	Pies cúbicos por minuto
Kw-h	:	Kilo watts por hora
C&RA	:	Corte y Relleno Ascendente
Rp	:	Rampa
Ch	:	Chimenea
BP	:	By Pass
Gal	:	Galería
Cx	:	Crucero
H.H.	:	Horas hombre
H.M.	:	Horas máquina
HP	:	Horse power
Pulg	:	Pulgadas
Lb	:	Libras

N°	: Número
R	: Resistencia de los conductos
H	: Caída de presión (pulg H ₂ O)
w	: Densidad del aire (lb/ft ³)
Q	: Caudal de aire (ft ³ /min ó cfm)
D.S.	: Decreto supremo
K	: Coeficiente de fricción del conducto (lb.min ² /ft ⁴)
O	: Perímetro de la sección transversal del conducto (ft)
L	: Longitud del conducto (ft)
Le	: Longitud equivalente (ft o m)
A	: Área de la sección transversal del conducto (ft ²)
V	: Velocidad del flujo (m/min)
Q _{To}	: Caudal total para la operación
Q _{T1}	: Sumatoria del caudal requerido por: número de trabajadores (Q _{Tr}), consumo de madera (Q _{Ma}), temperatura en las labores de trabajo (Q _{Te}) y equipos con motor petrolero (Q _{Eq}).
Q _{Tr}	: Caudal total para “n” trabajadores (m ³ /min)
F	: Caudal mínimo por persona de acuerdo a la escala establecida en el art. 247 del reglamento (m ³ /min)
n	: Número de trabajadores de la guardia más numerosa
Q _{Ma}	: Caudal requerido por toneladas de producción (m ³ /min)
u	: Factor de producción, de acuerdo a escala establecida en el segundo párrafo del literal d) del artículo 252 de la modificatoria del reglamento.

T	: Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.
Q_{Te}	: Caudal por temperatura (m^3/min)
V_m	: Velocidad mínima (m/min)
N	: Número de niveles con temperatura mayor a 23°C, de acuerdo a escala establecida en el tercer párrafo del literal d) del artículo 252 de la modificatoria del reglamento.
Q_{Eq}	: Volumen de aire necesario para la ventilación (m^3/min)
HP	: Capacidad efectiva de potencia (HP)
D_m	: Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%)
F_u	: Factor de utilización promedio de los equipos (%)
Q_{Fu}	: Caudal requerido por fugas (m^3/min)
Q_{T1}	: Sumatoria del caudal requerido por: número de trabajadores (Q_{Tr}), consumo de madera (Q_{Ma}), temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te}) y equipos con motor petrolero (Q_{Eq}).
Q_i	: Caudal de ingreso (cfm)
Q_s	: Caudal de salida (cfm)
D_h	: Diámetro hidráulico del conducto (m)
V_p	: Velocidad promedio (m/s)
f	: Factor de calibración del instrumento
LMP	: Límite Máximo Permisible
PPM	: Partes por millón
RQD	: Designación de la Calidad de Roca
RMR	: Clasificación del Macizo Rocoso
GSI	: Índice de Resistencia Geológica

Q	:	Índice de Clasificación del Macizo Rocoso según Barton
CO	:	Costo de Operación
CI	:	Costo de Inversión
Cexc	:	Costo de Excavación (\$/ft ³)
Ce	:	Costo de Energía (\$/kw año)
D	:	Diámetro económico (ft)
A	:	Valor de los pagos individuales en cada periodo de pago
i	:	Tasa de interés
n	:	Número de periodos de pago
VAN	:	Valor Actual Neto
TIR	:	Tasa Interna de Retorno
B/C	:	Relación Beneficio/Costo
PRI	:	Periodo de Recuperación de la Inversión

RESUMEN

Debido a que el circuito de ventilación en la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A. es forzada mediante ventiladores de 60,000 cfm instalados en serie y que la chimenea más cercana usada para la evacuación del aire viciado se encuentra a 400 metros del BP 767 W, lo cual genera un ambiente inadecuado para el personal e ineficiente para los equipos. Es por ello, que se realiza el proyecto de ejecución de la chimenea alimak 081, con el objetivo de mejorar la ventilación de la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230, así como reducir el tiempo de los ciclos de minado, la cantidad de ventiladores y los costos de ventilación (costo de energía y costo de alquiler y mantenimiento de ventiladores).

Antes del proyecto de la chimenea alimak 081 se tenía una cobertura inicial del 71% y se empleaban 15 ventiladores, después de ejecutada la chimenea alimak 081, se obtiene una cobertura de 121%, además se reduce a 10 el número de ventiladores, que se refleja en un ahorro de 30,307.07 \$/mes. El costo del proyecto asciende a US \$ 901,468.17 y el tiempo de ejecución es de 6 meses.

PALABRAS CLAVE: Ventilación, chimenea alimak, compañía minera Kolpa S.A., unidad minera Huachocolpa Uno

ABSTRACT

Due to the ventilation circuit in the deepening zone of ramp 1 level 4230 of the Huachocolpa Uno Mine Unit of the Kolpa S.A. it is forced by ventilators of 60,000 cfm installed in serie and that the nearest chimney used for the evacuation of the stale air is 400 meters from the BP 767 W, which generates an inadequate environment for the personnel and inefficient for the equipment. That is why the execution project of the alimak 081 chimney is carried out, with the aim of improving the ventilation of the ramp deepening ramp 1 level 4230, as well as reducing the time of the mining cycles, the number of ventilators and ventilation costs (cost of energy and cost of renting and maintaining ventilators).

Before the alimak there was an initial coverage of 71% and 15 ventilators were used, after executed the alimak 081 chimney, a 121% coverage is obtained, in addition the number of ventilators is reduced to 10, which is reflected in a saving of 30,307.07 \$/month. The cost of the project amounts to US \$ 901,468.17 and the execution time is 6 months.

KEY WORDS: Ventilation, alimak chimney, mining company Kolpa S.A., mining unit Huachocolpa Uno

INTRODUCCIÓN

La zona de profundización de rampa 1 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A., presenta un alto potencial en reservas económicas, por lo que se encuentra en un rápido crecimiento de laboreo subterráneo en desarrollo y preparación, lo que amerita un planeamiento de ventilación que cubra las necesidades, por ello se ejecuta el proyecto de la chimenea alimak 081.

El presente trabajo centra sus objetivos en la mejora de la ventilación de la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230 y en reducir el tiempo de los ciclos de minado, la cantidad de ventiladores y los costos de ventilación (costo de energía y costo de alquiler y mantenimiento de ventiladores).

El trabajo consta de: Capítulo I. Generalidades, el que contiene los antecedentes de la investigación, la formulación del problema y su justificación, así mismo se plantean los objetivos y se formulan las hipótesis, además de la metodología a emplear. Capítulo II. Marco Teórico, que incluye la geología y la base teórica. Capítulo III. Sistema de ventilación del nivel 4230 mediante la construcción de la chimenea alimak 081, en el que se expone la justificación de la construcción de la chimenea, el levantamiento de la ventilación y la ingeniería básica de la construcción de la chimena. Capítulo IV. Evaluación económica y financiera, en el que se expone la inversión, la optimización del sistema de ventilación y la optimización de los recursos.

De esta manera, se pretende extraer el aire viciado a los niveles superiores en donde ya no se realiza ningún laboreo para luego ser evacuado a superficie.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. UBICACIÓN Y VIAS DE ACCESO

1.1.1. UBICACIÓN

La Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A, geográficamente está ubicada en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales, en el Distrito minero de Huachocolpa, Provincia y Región de Huancavelica a una altitud de 4480 m.s.n.m.

- Sus coordenadas geográficas son:

Latitud Sur : 13° 03' 52"

Longitud Oeste : 74° 53' 43"

- Sus coordenadas U.T.M.:

E : 502, 230.550

N : 8' 555, 752.860



FIGURA N° 1.1.: Ubicación y Acceso a la mina

1.1.2. VÍAS DE ACCESO

El acceso a la U.E.A Huachocolpa Uno se da por las siguientes rutas:

TABLA N° 1.1.: Ruta y Vías de Acceso a la Mina

Ruta	Distancia (Km)	Tiempo (Horas)	Tipo de Vía
Lima – Pisco – Huaytará – Rumichaca – Paso de Chonta – Mina	445	9	Asfaltada y Afirmada
Lima – Pisco – Castrovirreyna – Paso de Chonta – Mina	462	10	Asfaltada y Afirmada
Lima – Huancayo – Huancavelica – Paso de Chonta – Mina	565	12	Asfaltada y Afirmada

Fuente: Elaboración propia

1.2. FISIOGRAFÍA

CLIMA

El clima es variado entre los meses de abril a noviembre; por la altitud de la zona son fríos, siendo gran parte de tundra seco de alta montaña. La temperatura media anual tiene como máximo 10 °C a 15 °C en los valles y la temperatura mínima es de – 5 °C en las zonas altas.

Las precipitaciones pluviales, son estacionales; de diciembre a abril son abundantes y están acompañadas de fuertes tempestades eléctricas. Durante los meses de mayo a setiembre, el clima se caracteriza por sequías, fuertes vientos y frecuentes heladas, producido por el descenso de la temperatura durante la noche.

Los agentes atmosféricos, tales como: el viento, lluvia, nieve, granizo e insolaciones son los que alteran y erosionan las rocas, que luego son transportadas y depositadas para formar depósitos aluviales y otras geoformas.

VEGETACIÓN

La vegetación está controlada por el frío y los ciclos de precipitación caracterizados por pastos únicamente de puna, resistentes a las sequías, y consisten de ichu (*stipa obtusa*), musgos, líquenes, yaretas y cazorrilla, los cuales favorecen a la crianza de ganado auquénido y ovino.

RELIEVE

El Sub Distrito minero de Kolpa – Huachocolpa I, se encuentra en la parte Este de la Cordillera Occidental, a unos 3 y 5 km al Este de la divisoria continental, sobre una geomorfología variada.

Relieve Cordillerano, presenta una morfología bastante agreste, como lo que se observa al Sur Oeste de la veta Bienaventurada y alrededores de la veta Rublo, cortadas por numerosas quebradas de recorrido corto con red de drenaje dendrítico. Esta unidad está modelada sobre secuencias volcánicas que han sufrido un proceso de alteración hidrotermal y que se emplazan en forma de mesetas.

1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Álvarez, Álvaro y otros (2014), realizaron un estudio titulado: “Estudio de Ventilación Mina Bienaventurada”, en el cual se efectuó el levantamiento de la ventilación, obteniéndose que el caudal de ingreso de aire limpio es de 239,757 cfm y el caudal de salida del aire viciado es de 229,538.9 cfm, además el caudal requerido es de 284,242.39 cfm, que evaluándolos se tiene una cobertura equivalente al 84%. En este circuito se observa principalmente que la capacidad de extracción no es la adecuada para poder cubrir una cobertura del 100% y la recirculación del aire viciado, ocasionando malestar en el personal.

Actualmente la mina cuenta con 2 chimeneas de ventilación (Ch alimak 786 y ch alimak 395) labores que comunican a superficie, por donde se extrae el aire viciado, además se tienen como proyecto las ch alimak 395 – 2 (chimenea en ejecución) que parte de la profundización de rampa 1 nivel 4230 hasta el nivel 4518, el cual comunicará con la ch alimak 395 – 1 para poder ventilar todas las labores de profundización. En los tajeos en explotación son ventilados a través de diferentes chimeneas comunicadas a las labores de trabajo, generalmente cada tajeo cuenta con dos chimeneas en los extremos que comunican de nivel a nivel, el problema es que el aire viciado no es extraído en su totalidad de los niveles inferiores, es por ello la recirculación (el aire viciado es extraído y nuevamente ingresado a los tajeos). La otra dificultad es el diámetro de mangas que se usan (24” y 18”) para ventiladores inyectoros de 20,000 cfm y 10,000 cfm, estas mangas

ocasionan mayor resistencia por no ser del diámetro óptimo, por lo tanto el aire de inyección no es lo suficiente.

En base a estos resultados se concluye que:

La actual cobertura de aire de la mina muestra un porcentaje de 84%, es necesario incrementar la capacidad de extracción del aire viciado (reubicar los ventiladores principales) para poder cubrir las necesidades de la mina en cuanto a ventilación.

La mina en estos momentos cuenta con una buena calidad de aire, siendo necesario en algunos puntos direccionar mejor el flujo de aire para ser aprovechado en las labores de operación.

Urrutia Romero, Eloy (2014), representante de Ingeniería y Representaciones Tecnocom S.A.C., el cual tuvo como objetivo realizar la toma de datos para así obtener una visión integral de la situación de la ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno - Cía. Minera Caudalosa S.A., para lo cual se centró en la caracterización del sistema de ventilación actual, obteniéndose que el caudal de ingreso de aire fresco es de 248,874.7 cfm (117.46 m³/s) y el caudal de salida de aire viciado es de 226,286.912 cfm (106.79 m³/s), además el caudal requerido es de 277,965.32 cfm, que evaluándolos se tiene una cobertura equivalente al 90%.

En base a estos resultados se concluye que:

Existe una buena cobertura con los ventiladores en el circuito principal, pero debido a las altas temperaturas en los niveles inferiores, tal es el caso del nivel 4230, es complicado que llegue satisfactoriamente el aire a las labores; una solución plausible si se encontraran mayor cantidad de cuerpos mineralizados en esta zona es construir una chimenea hacia el nivel superior y taponear las labores abandonadas en dichos niveles superiores para encauzar el aire satisfactoriamente. En cuanto a los demás niveles no hay mayor dificultad de ventilación.

1.4. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El presente trabajo busca mejorar el circuito de ventilación de la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230, así mismo reducir los costos de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A. Por este motivo se propone la ejecución del proyecto de la chimenea alimak 081, el cual consiste en construir una chimenea que conecte el nivel 4230 con superficie para de esta garantizar la cobertura de aire y mejorar las condiciones de ventilación de esta zona.

Por otro lado, al mejorar la ventilación de esta zona se tiene planeado reducir la cantidad de ventiladores y por ende reducir los costos de ventilación.

1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.5.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera el proyecto de la chimenea alimak 081 contribuye en la mejora del circuito de ventilación del nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A.?

1.5.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Se reducen los costos de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A. con la ejecución de la chimenea alimak 081?

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar el circuito de ventilación del nivel 4230 mediante el proyecto de la chimenea alimak 081 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A.

1.6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Reducir los costos de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera kolpa S.A. mediante la ejecución de la chimenea alimak 081.

1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Considerando que uno de los mayores problemas en la unidad minera está ligado a la evacuación del aire viciado de todas las operaciones de la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230 a superficie, el cual se quiere mejorar con la construcción de la chimenea alimak 081.

Debido a que el circuito de ventilación en esta zona es forzada, mediante ventiladores de 60,000 cfm, instalados en serie y que la chimenea más cercana usada para la evacuación del aire viciado se encuentra a 400 metros del BP 767 W, lo cual genera un ambiente de trabajo inadecuado para el personal e ineficiente para los equipos. Es por ello, que al término de la conexión de la chimenea Alimak 081 a superficie, se efectuará la extracción del aire viciado, y mejorarán las condiciones actuales que se generan con el desarrollo de las actividades mineras. Además con la conexión de la chimenea alimak 081 a superficie, se reducirá el tiempo de los ciclos de minado, reducirá la cantidad de ventiladores en el nivel 4230 y a su vez se reducirán los costos de ventilación (costo de energía y costo de alquiler y mantenimiento de ventiladores).

Acorde a estas necesidades, la realización del presente trabajo servirá como guía para que la empresa proyecte y priorice su cronograma de ejecución de chimeneas alimak y chimeneas intermedias, de manera que puedan prevenir y no tener problemas en el desarrollo operativo de la mina.

1.8. HIPÓTESIS

1.8.1. HIPÓTESIS GENERAL

Al término de la ejecución de la chimenea alimak 081, incrementará el caudal de aire dando una cobertura superior al 100%, mejorando de esta manera el circuito de ventilación de la zona de profundización del nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A.

1.8.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

La ejecución de la chimenea alimak 081 influye en la reducción de los costos de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A..

1.9. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y SUS INDICADORES

➤ VARIABLE INDEPENDIENTE

Chimenea alimak 081

INDICADORES

- Sección de la Chimenea 081
- Ejecucion de chimenea alimak

➤ VARIABLE DEPENDIENTE

Mejora del circuito de ventilación del nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno – Compañía Minera Kolpa S.A.

INDICADORES

- Costos de ventilación (\$/TM)
- Circuito de ventilación

1.10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

➤ TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada.

El presente trabajo reúne las condiciones metodológicas de una investigación **aplicada**, en razón, que se trata de un tipo de investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto.

➤ NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo.

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel la característica de un estudio **descriptivo**. La **investigación descriptiva** se efectúa cuando se desea describir en todos sus componentes principales una realidad.

➤ DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No experimental - Transversal.

El presente trabajo desde un enfoque metodológico es **No experimental**, puesto que no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente.

Se analiza la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A.

Es una investigación **transversal** porque se recolectan datos en un momento dado, año 2016.

➤ COBERTURA DE ESTUDIO:

- **Universo:** Unidad Minera Huachocolpa Uno – Cía. Minera Kolpa S.A.
- **Población:** Zona de profundización de Rampa 1 – Nivel 4230
- **Muestra:** Chimenea Alimak 081

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. GEOLOGÍA

2.1.1. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se ubica en el cuadrángulo de Huachocolpa, que abarca parte de los departamentos de Huancavelica y Ayacucho, y se emplaza en la parte oriental de la Cordillera Occidental, en altitudes que varían desde los 4000 hasta los 5200 msnm.

En los alrededores del proyecto se constituye una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas que abarcan edades desde el Paleozoico hasta el Cuaternario.

El área de estudio se emplaza en rocas volcánicas del Neógeno, correspondientes a la “Formación Domos de Lava”, son primordialmente andesitas de color gris-marrón-amarillento, debido principalmente a la débil alteración argilítica supérgena, su rumbo promedio es N52° - 65°E y buzamiento 55° - 75° SE, la potencia de esta veta es variable: 1 - 4 m. El relleno mineral es de origen hidrotermal epitermal, emplazado por procesos de relleno de fisura con brecha (Ver Anexo N° 2).

Como principales minerales constituyentes se tienen: esfalerita, galena, cuarzo y pirita; en menor proporción tetraedrita, calcopirita, estibina, baritina, yeso y rejalgar. Estos minerales se presentan con una textura

brechoide a orbicular, siendo el cuarzo el relleno principal a manera de matriz, englobando fragmentos de galena-esfalerita.

2.1.2. GEOLOGÍA LOCAL

En el Sector de Bienaventurada son predominantes las andesitas de color gris-marrón amarillentas con alteración argílica supérgena débil a moderada. Se pueden distinguir dos posibles unidades litológicas, una al noroeste de la veta Bienaventurada, donde los volcánicos andesíticos se presentan con bandeamientos de flujo, de rumbo promedio N65°W y buzamiento 66° - 70° NE y hacia el área de la Veta Sur con rumbo N50° - 60°E y 50°NW de buzamiento. Las andesitas presentan alteración supérgena con una coloración pardo-amarillenta. En interior mina, las andesitas son porfiríticas de color gris y gris blanquecinas cuando están fuertemente alteradas. Una segunda unidad litológica corresponde a derrames sub - horizontales de andesitas marrón amarillentas, las mismas que se emplazan al este y noreste de la veta Bienaventurada; al este, las lavas andesíticas están argilizadas supergénicamente y tienen de 1 - 15 m. de potencia, con rumbos de N60°E y buzamientos 15° - 25° SE. Las andesitas en algunos casos son porfiríticos con horizontes de aglomerados volcánicos de la misma composición, también hay horizontes de derrames lávicos intercalados con aglomerados en las partes altas. Algunas capas presentan débil diseminación de pirita fina y otras en su matriz tienen fenos de cuarzo. Hacia el NE en la posible continuidad de la veta Bienaventurada, existen intercalaciones de bancos potentes de lavas andesíticas con aglomerados volcánicos grises y en

las partes altas al NE, derrames lávicos andesíticos grises de rumbo N70°E y 10°SE de buzamiento (Ver Anexo N° 2).

2.1.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las secuencias volcánicas que se emplazan en la Unidad Minera Huachocolpa Uno, corresponden a una estructura dómica dentro de la formación "Domos de Lava". Estas capas en el área de la mina se encuentran suavemente plegadas con rumbo N30° - 40°W y 10°SW - 15°NE de buzamiento, cortadas por fallas transversales en su mayoría mineralizados.

Como consecuencia de los esfuerzos de compresión a nivel regional se han originado una serie de fracturas de cizalla y tensión, de rumbo N 60° E a N 60° W, que es característica tectónica general del distrito y sirvieron para el emplazamiento de los fluidos mineralizantes. Las estructuras principales de la Unidad Minera Huachocolpa Uno están formadas por dos sistemas principales:

a. Fracturas de tensión y cizalla de rumbo N45° - 85°E; que son los que tienen mayor longitud, con buzamientos entre 42° - 85° SE, con inflexiones, cimoides, ramales en diferentes tramos en toda su extensión. A este sistema pertenecen las vetas Caudalosa1, Caudalosa2, Viviana, Silvia Ramal 1, Lucia, Gladis, Bienaventurada, Bienaventurada Sur 1, Bienaventurada Sur 2, Jessica, Elizabeth, Rublo, Peseta, Galena, Katerine, Fortuna.

Es de resaltar que las vetas Caudalosa2, Rublo, Bienaventurada, Jessica y Elizabeth, a diferencia de las demás vetas, están asociadas a fallas y presentan clastos subredondeados de volcánicos, lo que nos indica que se

produjo fallas de reactivación de movimientos dextrales, con numerosas vetas de cizalla.

b. Fracturas del sistema Este-Oeste; algunas de gran longitud interceptadas en muchos casos por fracturamiento del sistema anterior, el mayor ejemplo de este sistema lo constituye la veta falla Silvia con rumbo E - W y buzamiento promedio 75° S.

Estructuras secundarias de poca longitud de rumbo N20° a 30°E, posiblemente correspondan a una última etapa de fracturamiento pre-mineral.

El área comprendida entre la falla Silvia y la falla Caudalosa parece corresponder a un graven de poca profundidad.

2.1.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

La Unidad Minera Huachocolpa Uno presenta depósitos de tipo filón, rellenos de fracturas por soluciones hidrotermales; las fracturas han servido de canal y receptáculo para el emplazamiento de menas y gangas.

Las vetas sub paralelas se presentan en forma casi continua por longitudes mayores a 1,000 m. La mineralización económica en la mayoría de las vetas está en clavos irregulares en longitud, profundidad y potencia, separados entre sí por zonas de adelgazamiento y/o empobrecimiento, es excepcional la veta Bienaventurada que al lado este en profundidad la longitud del clavo mineralizado pasa los 1,500 m., con tendencia a ampliarse en los niveles inferiores, con pequeños anticlavos en la parte central y sur oeste; este mismo comportamiento no ocurre con las Vetas Jessica y Elizabeth que son

estructuras más falladas, irregulares e inestables que en la actualidad se exploran, desarrollan y explotan en forma muy limitada. La mayoría de las vetas se presentan en forma de típico “Yacimiento en Rosario”, que es característico de la mayoría de los depósitos filonianos en volcánicos terciarios del Perú.

Por su temperatura de formación, el yacimiento es clasificado como mesotermal a epitermal de plomo-zinc con contenido de plata y cobre.

2.1.4.1. GÉNESIS Y PARAGÉNESIS

El yacimiento de Kolpa es de tipo filoniano, relleno de fracturas con soluciones hidrotermales cuya mineralización es de tipo epitermal emplazado en rocas volcánicas de la Formación Caudalosa, en condiciones moderadas de presión y temperatura.

Los estudios de Paragénesis y Zoneamiento de la Veta Bienaventurada, indican que la mineralización se dio en dos secuencias paragenéticas. En la primera secuencia, la pirita fue el primer mineral depositado en estructura, seguido por la esfalerita, calcopirita, cobre gris (Freibergita, tennantita), galena, bournonita, seligmanita, gratonita y barita, algo más tarde rejalgar y oropimente. La segunda secuencia está constituida esencialmente por pirita, argentotenantita, bribergita, dufrenoyita, estibina y jordanita. Los minerales de ambas secuencias se presentan en texturas de relleno y reemplazamiento.

Finalmente, se observa una secuencia de minerales supérgenos constituidas por melnikovita, anglesita, yeso, hematina y limonita.

En la veta Bienaventurada es notorio un zoneamiento vertical, los valores de cobre y zinc predominan en la parte alta del lado oeste, en profundidad el plomo aumenta, también hay un aumento relativo de plata en profundidad.

Las subunidades Chonta, Rublo, Bienaventurada, por lo general son minas de zinc, plomo, cobre, con valores de plata en los niveles superiores y al oeste de la veta Bienaventurada.

En los niveles superiores de la veta Bienaventurada, Rublo y San Pedro, la mineralización va asociada a abundante oropimente y rejalgar, lo que confirma que estos son depósitos hidrotermales de tipo filoniano. Al oeste de la veta Bienaventurada hay emanación de ácido sulfhídrico, que es un gas producto de la sublimación volcánica que se siente en todos los niveles del lado oeste de la veta (Ver Anexo N° 2).

2.1.4.2. MINERALOGÍA

La mineralogía está representada por minerales de mena y ganga:

Minerales de Mena, se aprecian macroscópicamente: esfalerita, galena, galena argentífera, cobre gris de la variedad freibergita y tetraedrita, calcopirita, enargita. La variedad de la esfalerita que se observa es la blenda rubia y marmatita.

Minerales de Ganga, se encuentran los siguientes: cuarzo, pirita, rejalgar, oropimente, rodocrosita, rodonita, baritina, estibina, yeso.

2.1.4.3. ZONEAMIENTO

El distrito de Huachocolpa fundamentalmente es polimetálico con borde argentífero, y está definido preliminarmente en cuatro zonas:

Zona 1.- Representada por Caudalosa Chica con las vetas Caudalosa1, Caudalosa2, Caudalosa2 Split1, donde la presencia de Ag - Pb - Zn son en rango de 6 a 14 Oz, para la plata 6%, para el plomo 5% y 8% para el zinc. En esta zona en años anteriores reportaron Au entre 0.5 y 1.5 gr/TM.

Zona 2.- Se emplaza bordeando a la zona 1 y estaría representada por las minas Chonta, Rublo, Bienaventurada, Peseta, Pepito, Poderosa, Tangana, San Antonio, Pirata, Luchitos, etc., con predominancia de minerales de zinc, plomo, cobre, bajo contenido de plata en algunas zonas, localmente hacia superficie y en profundidad la presencia de plata mayor a 5 Oz., como en la veta Bienaventurada lado oeste. En las vetas Poderosa, Rublo, Bienaventurada, Chipchilla, las leyes oscilan entre 4% a 8% en zinc, 3% a 6% en plomo, 1.5 a 5 Oz en plata y de 0.35% a 1.5% en cobre.

Zona 3.- Se emplaza al sureste de Caudalosa Chica y estaría representada por el sub distrito LLullucha - Teresa, con las minas Blenda Rubia, Maloya, Teresita, Teresa, donde la mineralización predominante es el zinc con 5% a 9.7% y el plomo con 4.5% a 8.9%, la plata está entre 3 a 6.9 Oz y el cobre es bajo y no se tienen datos de oro. La diferencia con la zona 2 es por su contenido de Cu y Au que en concentrados no es importante.

Zona 4.- Siguiendo al sureste, sur y suroeste y bordeando la zona 3, consiste de una franja mayormente Argentífera con presencia de Au, está representada por las minas Nancy Luz, Ecollcce, Germana, María Luz, el Palomo, Carmela, Chipchilla, parte de Chonta, Tinquicorral; gran parte de esta zona estaría controlada estructuralmente por la presencia de las capas rojas de la Formación Chonta.

2.1.4.4. ALTERACIONES

Las brechas volcánicas y lavas andesíticas, que son las rocas encajonantes que bordean el yacimiento de origen hidrotermal, han sido alteradas generalmente por los fluidos calientes que han pasado a través de ellas y con las que está asociada la mena.

La alteración que predomina en superficie es la alteración argílica, seguida en menor proporción la silicificación.

En interior mina se presentan halos de alteración hipógena de caja, constituidos por sericitización, argilización, silicificación y ligeramente potásica, que se distribuyen indistintamente en toda la mina. La alteración propilítica se presenta en roca fresca.

Alteración Fílica o Sericítica.- Es típica de un ensamble de cuarzo-sericita-pirita, ocurre entre 500 y 100 °C de temperatura; es la lixiviación de Na, Ca y Mg y el desarrollo de un metasomatismo potásico. En el estudio microscópico se determinó que se trata de una roca volcánica de textura porfírica, que ha sufrido un proceso de alteración hidrotermal, borrando toda huella de la roca original. Lo que actualmente se observan son modelos de formas tabulares,

que podrían haber sido feldspatos, y que se encuentran alterados a muscovitas (sericita en forma de hojuelas finas y en venillas). La biotita está desferrizada y reemplazada por rutilo.

Alteración Argílica Intermedia.- Ocurre entre 400 y 100 °C de temperatura; se caracteriza por la presencia de minerales arcillosos producto de la alteración de feldspatos y minerales máficos. Ocurre una lixiviación de todos los cationes alcalinos extensiva y completamente, también ocurre una lixiviación de calcio, formando un ensamble característico de montmorillonita-illita-caolinita-halloysita, de apariencia blancuzca y pulverulenta. La caolinita es predominante cerca del cuerpo mineralizado y la montmorillonita lejos. Accesoriamente ocurre pirita y clorita. También se conoce una alteración argílica avanzada, que se forma en condiciones de extrema acidez, está representada por el ensamble caolinita-pirofilita. Similarmente, se puede formar caolinita en presencia de agua, para cuya hidrólisis tiene que suministrarse suficiente hidrógeno.

Silicificación.- Es la alteración más común en las rocas encajonantes. Ocurre entre 600 y 100 °C de temperatura. Es el desarrollo de un metasomatismo de cuarzo y lixiviación de cationes y alumina. Los minerales acompañantes son sericita, caolinita, pirofilita. Esta alteración es una guía mineralógica para encontrar zonas mineralizadas.

Otro tipo de alteración.- La potásica-adularia, que es el resultado de un metasomatismo potásico en rocas aluminosilicatadas que ocurre entre 700 y 150 °C. Como accesorios ocurren sericita, anhidrita, illita, rutilo, pirita, carbonatos. Esta alteración está situada al Noreste de la veta.

2.1.4.5. ESTRUCTURAS MINERALIZADAS

a. Sistema de Vetas Caudalosa – Rublo – Chonta

Es el sistema más importante de la mina, de rumbo N60°E a N85°E de 3.5 Km de longitud de afloramiento discontinuo. Al noreste la mayor expresión mineralógica y estructural es conocida como veta Caudalosa 1 y 2, emplazados dentro de los volcánicos “Domos de lava“, con una longitud discontinua de 900 m.

En la parte central del sistema se presenta la veta Rublo, reconocida y explotada a lo largo de 1,600 m. desde el nivel 4495 hasta el nivel 4672. Actualmente se está desarrollando y explotando en el sector intermedio que se tiene cubicado 21,335 de reservas minerales.

La mineralización se presenta en bandas, núcleos y brechamiento de 0.50 a 2.50 m. de ancho, con ganga de cuarzo y pirita; se observan múltiples eventos mineralizantes con relleno de esfalerita, galena, calcopirita y tetraedrita. La mineralización en el sector Caudalosa con valores de Ag:Pb, Ag:Zn y Pb:Zn tienen una relación de 1:1. En Rublo, las vetas presentan contenidos importantes de arsénico y antimonio que en las partes superiores (Nv. 4622 y 4672) sobrepasan el 1%, asimismo en esta área en las partes superiores el mineral se presenta oxidado con un ancho de 2.5 m. y hay

presencia de sales solubles haciendo difícil el tratamiento metalúrgico. Los valores de zinc (esfalerita), y plomo aumentan entre los niveles 4554 a 4672. La característica estructural de este sistema es la presencia de una falla paralela que en múltiples tramos forman cimoides y brazos con mineralización.

Además, en la zona de Caudalosa existen vetas menores tensionales que corresponden a ramales o lazos cimoides en las que se tienen las vetas Carmen 2, Carmen 3, Linda, Anita en las que se tienen cubicadas las reservas. Al suroeste de la veta Rublo, Sector Chonta, la veta forma una típica cola de caballo con vetas conocidas como San Pedro, San Pablo, San Lucas, San Mateo que posiblemente estén controlados por la falla Rublo.

Veta Silvia, es una estructura reconocida en superficie en una longitud de 600 m. Esta estructura pertenece al sistema E – W. Se encuentra ubicado al norte del sistema de vetas Caudalosa. Se ha reconocido entre los niveles 4550 hasta el 4340, donde la mineralización económica parece estar ligado a la intersección de estructuras, reconociéndose una franja mineralizada de 50 a 100 m. de ancho.

Esta estructura es principalmente una veta – falla que evidencia dos tipos de movimientos importantes: un movimiento vertical que parece limitar un graven de poca hundida hacia el sur y otro subhorizontal de desplazamiento sinextral que corta al fracturamiento del sistema noreste.

La mineralización de esta veta – falla tiene relleno de esfalerita, galena, galena argentífera, calcopirita con ganga de cuarzo, abundante pirita.

Estudios al microscopio han determinado la presencia de cobre gris y bournonita.

b. Sistema de Vetas Bienaventurada

La veta Bienaventurada en superficie presenta un afloramiento definido de 110 m con potencia hasta 4 m con rumbo promedio de N52°E y 70°SE de buzamiento. La mineralización superficial presenta crestones de cuarzo blanco masivo, con tramos brechados y cavernosos, con bandas, núcleos y diseminación de galena, esfalerita, pirita, baritina, rejalgar y oropimente. En los extremos noreste y suroeste se observa un alineamiento de alteración argílica supérgena con venillas de óxido limonítico, núcleos de cuarzo con ancho hasta de 30 m.

En interior mina ha sido trabajado en los niveles 4605, 4555, 4518 y 4480 en estos últimos niveles se desarrolla actualmente al lado Oeste con buenos resultados, con clavos continuos de 200 y 150 m. Se tiene reconocida a la fecha una longitud de 750 m. La mineralización se presenta brechada con esfalerita, galena, tetraedrita, calcopirita en forma de bandas irregulares, núcleos, diseminación y textura crustificada, con ganga de cuarzo, pirita, baritina, oropimente, rejalgar y estibina. La presencia de oropimente y rejalgar pareciera estar ligado a un último evento de mineralización con cuarzo. La presencia de arsénico – antimonio también tiene una relación directa con los contenidos metálicos de plomo – zinc. También se observa azufre nativo al lado oeste de la Gal 416 W nivel 4518. Otra característica de

esta estructura es la emanación de ácido sulfhídrico al lado oeste de todos los niveles.

La roca encajonante es un volcánico andesítico porfirítico con fenocristales de plagioclasas con alteración argílica. Al noreste cambia de rumbo a E–W, donde los valores de plomo – zinc decrecen y los valores de plata son erráticos.

En los niveles 4555, 4518 y 4480 se ha reconocido la veta Bienaventurada Norte, con un clavo continuo de 90 a 100 m, que es un ramal de la veta Bienaventurada con las mismas características mineralógicas. Dentro del Sistema de Vetas Bienaventurada, se tienen las siguientes vetas:

- Bienaventurada Sur 1
- Bienaventurada Sur 3
- Marisol
- Diana

2.1.4.6. CUBICACIÓN DE RESERVAS

La cubicación tiene por objeto definir los recursos minerales y reservas de mena, incluyendo los recursos inferidos de un yacimiento a fin de planear su explotación o ampliar la escala de producción para un tiempo determinado cuando se trata de Reservas de Mena.

La estimación de recursos minerales es importante porque con un estudio de factibilidad pueden convertirse en reservas de mena y por lo tanto proceder a su explotación.

La estimación cuantitativa de los tonelajes y leyes del yacimiento se definen de acuerdo a su valor, certeza y accesibilidad que incluye a los minerales de interés económico, como las reservas de mena y los recursos minerales.

TABLA N° 2.1.: Cubicación de Reservas Zona Rp 01

RESERVAS								
	2014	2015	2016					
	T.M.S.	T.M.S.	T.M.S.		Oz Ag	Pb %	Zn %	Cu %
PROBADAS	1,456,497	1,492,775	1,446,212		3.06	3.94	3.88	0.40
PROBABLE	280,787	337,831	379,171		2.94	3.76	3.82	0.38
TOTAL RESERVAS	1,737,284	1,830,606	1,825,383		3.03	3.90	3.86	0.40
RECURSOS								
	T.M.S.	T.M.S.	T.M.S.		Oz Ag	Pb %	Zn %	Cu %
MEDIDO	144,405	148,580	148,580		2.34	3.39	4.33	0.25
INDICADO	79,480	80,620	80,620		2.22	3.48	4.30	0.24
INFERIDO	1,991,914	2,159,922	2,244,263		3.93	3.98	3.97	0.39
TOTAL RECURSOS	2,215,799	2,389,122	2,473,463		3.78	3.93	4.00	0.38
MINERAL POTENCIAL								
	T.M.S.	T.M.S.	T.M.S.		Oz Ag	Pb %	Zn %	Cu %
TOTAL MINERAL POTENCIAL	3,045,960	3,163,269	2,683,706		3.24	2.98	3.50	0.27

Fuente: Estudio de Reservas del Área de Geología Cía. Minera Kolpa S.A. – 2016

2.1.5. POSIBILIDADES MINERALÓGICAS DEL YACIMIENTO

Las posibilidades mineralógicas del yacimiento están en la zona RP 1 al oeste de la veta Bienaventurada, para lo cual se han ejecutado taladros diamantinos interceptando a dicha veta. A través de ello se elaboró el modelo de bloques del yacimiento con valores económicos que se muestran en la Tabla N° 2.1.

2.2. MINERÍA

2.2.1. LABORES DE DESARROLLO Y PREPARACIÓN

LABORES DE DESARROLLO

Estas labores se realizarán para hacer posible la explotación de mineral contenido en el yacimiento, que consiste en los trabajos previos para establecer los accesos a las reservas minerales desde superficie.

Al confirmar los recursos minerales por tamaño de la mineralización y sus respectivas leyes, se desarrolla la mina mediante una rampa negativa de 4.0 x 4.0 m de sección a lo largo de la mineralización en forma paralela distanciados a 35 m en promedio con respecto a la veta, con el objeto de acceder a los niveles inferiores según sea el caso con una gradiente de -15% en todo el tramo. A partir de la rampa y con la finalidad de interceptar la veta según se alcancen las cotas de los niveles principales, se realiza una labor tipo crucero de 4.0 x 4.0 m con una gradiente de -1% y una longitud promedio de 35 m, de los cuales se desprenden los by pass de 4.0 x 4.0 m de sección y con una gradiente favorable hacia la Poza de Bombeo Principal en el Nv. 4230 y paralelo al rumbo de la veta, distanciados a 15 m en promedio.

Todas las labores verticales de Ventilación son ejecutadas en desmonte y con Equipo Alimak, de longitudes cortas (100 m).

LABORES DE PREPARACIÓN

Los trabajos de preparación consisten en diseñar en el terreno la forma de cómo extraer el mineral mediante el método de Corte y Relleno Ascendente, para esto se preparan rampas de acceso de +15% desde el By Pass respectivo. En la cota calculada se ingresan con Rampas basculantes que serán rebatidas máximo en 12 m, equivalentes a 6 cortes con jumbo (2 m/corte). La Rampa de acceso continúa subiendo con 15% hasta la siguiente cota calculada para iniciar la Rampa basculante que entrará en negativo 15% para comunicar al último corte dado con la rampa basculante anterior ya rebatida. Las ventanas base del Fill Pass y Ore Pass serán rebatidas también, y la Chimenea de Ore Pass levantadas a medida que avanza el minado.

2.2.2. MÉTODO DE MINADO POR CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO

El Método de Minado por Corte y Relleno Ascendente Mecanizado (C&RA), se caracteriza por hacer rebanadas horizontales de variada longitud, con alturas de corte que varían dependiendo la potencia de veta. Lo relevante de la aplicación de éste método en Kolpa está en la perforación vertical (realce) con jumbo y barreno de 8 pies, la cual requiere de una luz de 3.5 m de altura de perforación, siendo cada corte aproximadamente 2 m de altura. Luego se realiza el carguío del explosivo y el disparo de dicho corte, posteriormente teniendo cara libre se inicia la perforación del corte superior.

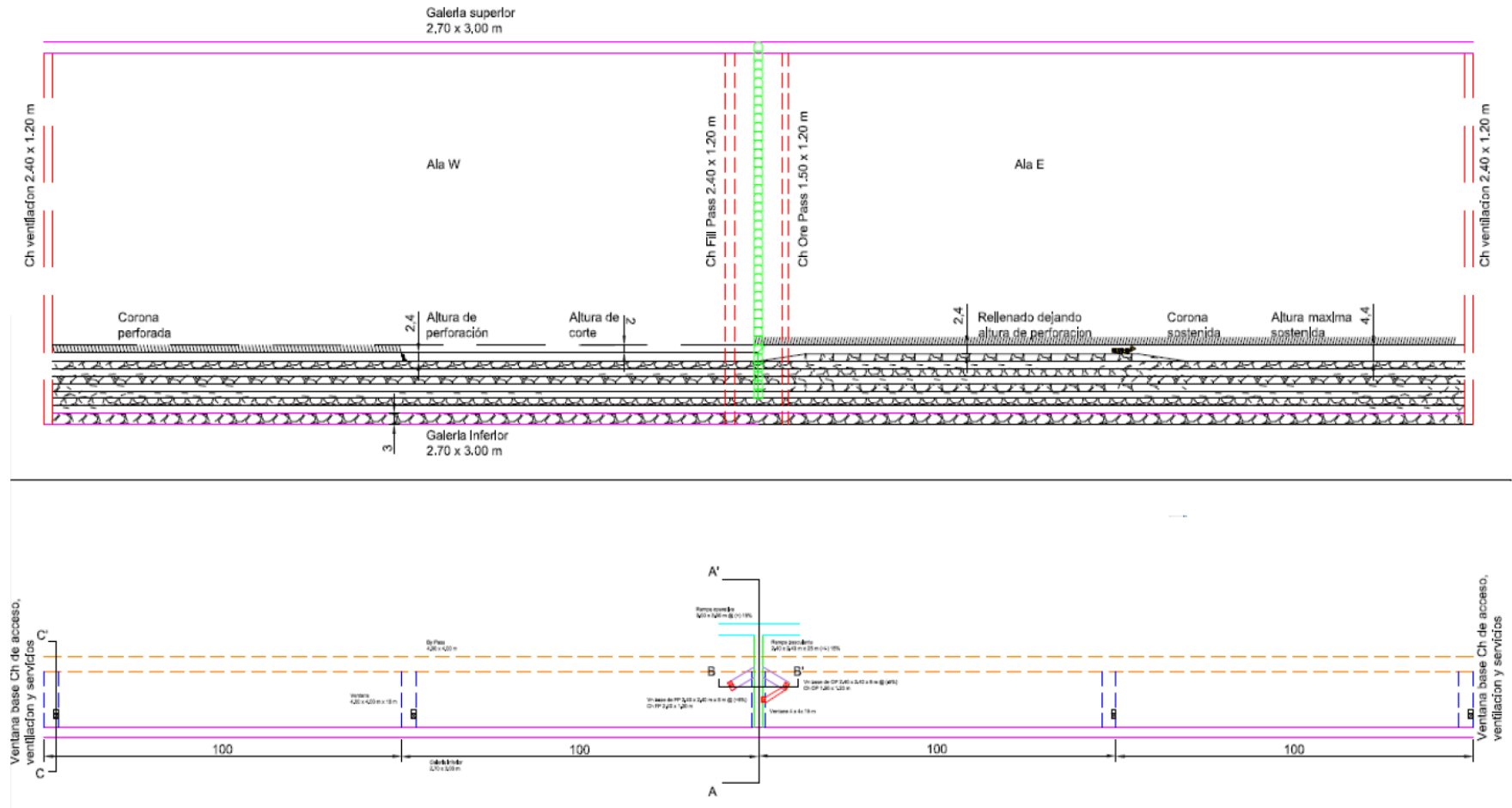


FIGURA N° 2.1.: Diseño del Método de Explotación

2.2.3. CICLO DE MINADO

La optimización de los recursos humanos y el mejor aprovechamiento de los equipos se obtiene si no se presentan interrupciones significativas en cada una de las etapas del minado desde la Perforación, Voladura, Sostenimiento, Limpieza-Extracción y Relleno (Ver Anexo N° 2).

Para lograr este objetivo es importante implementar los controles operativos de la explotación por Corte y Relleno Ascendente, obteniendo de la data procesada y analizada, las oportunidades de mejora. Los principales controles son: desviación, dilución, fragmentación, recuperación, factor de potencia y voladura secundaria.

Asimismo, en la secuencia de minado se detallan paso a paso las actividades a realizar en la etapa de explotación, con la finalidad de definir los procedimientos de trabajo para cada una de las actividades, donde se establece el desarrollo de los trabajos con la identificación de sus respectivos peligros y riesgos, la cantidad de recursos materiales, equipos y herramientas necesarias, personal calificado que ejecutará los trabajos asociados a un determinado tiempo para realizar cada actividad.

Como parte de la Gestión de producción se ha estructurado un Sistema de control operativo, para garantizar las tendencias planificadas, el que tendría el siguiente esquema:

- **PERFORACIÓN**

La perforación es la base del ciclo de minado, ya que con una mala perforación el resto del ciclo de minado será también defectuoso.

Para la perforación de taladros de producción se utilizará equipo jumbo electrohidráulico, el cual realizará la perforación en realce a una altura de perforación de 3.5 m. La perforación será con barreno de 8 pies con una eficiencia de 2 m por corte, por lo que se tendrá una altura total de 5.5 m, por lo que se requiere desate sobre la carga disparada, y de ser necesario la instalación de sostenimiento sistemático de acuerdo a la recomendación geomecánica.

- **VOLADURA**

Para un buen control de la voladura, se necesita cuantificar y controlar algunas variables, permitiendo obtener una buena fragmentación.

Variables no controlables

- Características geomecánicas del macizo rocoso.
- Geología local, regional y estructural.
- Hidrología y condiciones climatológicas.

Variables controlables

- Geométricas (Burden, espaciamiento, diámetro, longitud de taladros).
- Físico - químicas (Densidad, velocidad de detonación, volumen de la mezcla explosiva).
- De tiempo (Retardo y Secuencia).
- Operativos (experiencia del personal, fragmentación requerida).

La voladura se realizará por tramos perforados cada 50 m, con explosivos Anfo y Emulsión de cebo.

Las cantidades por disparo se deben ir afinando de acuerdo a las condiciones de la roca caja y el mineral, así como el rendimiento por guardia que se quiera alcanzar. Luego de cada voladura es necesario el desate sobre la carga, y de ser posible el sostenimiento requerido para proceder la limpieza del mineral. Este trabajo se llevará a cabo con personal especializado.

- **SOSTENIMIENTO**

Una vez verificada la ventilación se procede al desate en avanzada, con barretillas adecuadas a la altura de la labor.

El sostenimiento como parte del ciclo de minado, se ha convertido en una herramienta muy importante para el control de accidentes por desprendimiento de rocas y se hace indispensable en todas sus variantes.

Para el Plan de Minado se han previsto los siguientes tipos de sostenimiento:

- Pernos Split Set
- Pernos helicoidales
- Cuadros de madera

- **LIMPIEZA**

Una vez sostenida totalmente la labor, se inicia con la limpieza, con equipo de bajo perfil (Scooptram), hay que mencionar que en todos los procesos siempre se está ventilando.

El acarreo de mineral se llevará a cabo con scooptram de 2.2 yd³ hacia los ore pass situados en la Rampa basculante. En el nivel de extracción se ubican las tolvas electrohidráulicas para evacuar el mineral mediante volquetes de 25 TM hasta la Planta de Beneficio de la U.E.A. Huachocolpa Uno.

- **RELLENO**

Terminada la limpieza del tramo disparado se inicia con el relleno detrítico con ayuda de equipos de bajo perfil (Scooptram) todo el corte para preparar el siguiente corte.

El proceso de relleno consiste en disponer la combinación del desmonte y el relleno hidráulico en el área explotada, de manera que el piso del tajeo quede a 3.5 m de la corona, la cual es la altura de perforación para iniciar el siguiente corte.

Como la altura final después de retirado el mineral alcanzará en promedio los 5.5m., será necesaria una capa de relleno detrítico de una altura de 2.0 m, el cual permitirá devolver la estabilidad a las cajas y dejar el nuevo piso para la perforación del siguiente corte.

2.2.4. COSTO DE EXPLOTACIÓN

Los costos de explotación se presentan la siguiente tabla:

TABLA N° 2.2.: Costo de explotación por Corte y Relleno Ascendente

Mecanizado

Descripción	Und.	Cantidad	Precio	Parcial	Total
			US \$	US\$	US\$
1 <u>MANO DE OBRA</u>					
Operador Jumbo	H.H	30	2.19	65.70	
Operador scoop	H.H	60	2.19	131.40	
Ayudante operador jumbo	H.H	30	2.00	60.00	
Ayudante operador scoop	H.H	60	2.00	120.00	
Operarios	H.H	60	2.50	150.00	
Supervisión	H.H	30	3.00	90.00	
Leyes sociales (65%)				401.12	1,018.22
2 <u>EXPLOSIVOS Y MECHAS</u>					
Emulex 65	Kg.	82.5	2.50	206.25	
Anfo	Kg	1080	0.90	972.00	
Exanel	U	750	1.63	1,222.50	
Cordón detonante 3P	m.	200	1.20	240.00	
Fulminante simple N° 8	U	1	0.40	0.40	
Guía de seguridad	m.	0.9	0.16	0.14	2,641.29
3 <u>EQUIPO DE PERFORACIÓN</u>					
Mini Jumbo Muki (Barreno 8')	H.M	50	90.00	4,500.00	
Barrenos de 8'	m.	750	0.17	127.50	
Brocas	m.	750	0.12	90.00	4,717.50
4 <u>EQUIPO DE LIMPIEZA</u>					
Scoop diesel de 2.2 yd ³	H.M	90	40.00	3,600.00	3,600.00
5 <u>EQUIPO DE SEGURIDAD</u>					
Implementos de seguridad		7	1.00	7.00	7.00

6	<u>HERRAMIENTAS</u> Herramientas diversas (5% MO)				50.91	50.91
7	<u>PERNOS DE ROCA</u> Perno split set de 7'	U	133	12.00	1,596.00	1,596.00
8	<u>RELLENO</u> Relleno detrítico	m ³	396	11.00	4,356.00	4,356.00
9	<u>ENERGÍA ELÉCTRICA</u> Energía eléctrica	Kw-h	1,650	0.50	825.00	825.00
COSTO TOTAL (\$)					18,811.92	
TM/CORTE					2,678.00	
COSTO POR TONELADA (\$/TM)					7.02	

2.3. SISTEMA DE VENTILACIÓN

2.3.1. VENTILACIÓN SUBTERRÁNEA

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos, la ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. ^[1]

2.3.2. VENTILACIÓN PRINCIPAL

Es aquella ventilación en la que el ventilador principal desde superficie crea la diferencia de presiones para que el aire fluya a través de la mina, es así que aire fresco sin contaminar ingresa a la mina a través de la chimenea de admisión. Este aire pasa a través de la mina y el aire contaminado sale de la mina hacia la atmósfera a través de la chimenea de ventilación [2].

Ventiladores Principales

Actualmente en la Unidad Minera Huachocolpa Uno se tienen en operación

03 ventiladores principales:

01 ventilador de 47.19 m³/s (100,000 cfm)

02 ventilador de 28.31 m³/s (60,000 cfm)

TABLA N° 2.3.: RELACIÓN DE VENTILADORES PRINCIPALES

	N° INTERNO	UBICACIÓN		CAUDAL (cfm)	POTENCIA (HP)	MARCA	FUNCIÓN	SITUACIÓN ACTUAL
		NIVEL	LABOR					
1	250 - 01	4330	Gal 990 W	100,000	250	Siemens	Extractor	Operativo
2	150 - 01	4330	Gal 990 W	60,000	150	Siemens	Extractor	Operativo
3	150 - 02	4330	BP 109	60,000	150	Siemens	Extractor	Operativo

Fuente: Elaboración Propia

2.3.3. VENTILACIÓN SECUNDARIA

Es aquella ventilación que se tiene instalada en un paso principal subterráneo para ayudar al ventilador principal a ventilar un circuito de alta resistencia. Últimamente han aumentado el número de ventiladores secundarios en uso, debido a una mayor concentración en los trabajos subterráneos y a la profundización de éstos, lo que ha originado una mayor demanda en la presión de la ventilación [3].

Ventiladores Secundarios

Actualmente en la Unidad Minera Huachocolpa Uno se tienen en operación 04 ventiladores secundarios:

03 ventiladores de 28.31 m³/s (60,000 cfm)

01 ventilador de 14.16 m³/s (30,000 cfm)

TABLA N° 2.4.: RELACIÓN DE VENTILADORES SECUNDARIOS

	N° INTERNO	UBICACIÓN		CAUDAL (cfm)	POTENCIA (HP)	MARCA	FUNCIÓN	SITUACIÓN ACTUAL
		NIVEL	LABOR					
1	150 - 03	4230	CX 346	60,000	150	Siemens	Extractor	Operativo
2	150 - 04	4230	Gal 767	60,000	150	Siemens	Extractor	Operativo
3	150 - 05	4230	Gal 767 E (enseriado)	60,000	150	Siemens	Extractor	Operativo
4	75 - 04	4230	Rp 140	30,000	75	Siemens	Extractor	Operativo

Fuente: Elaboración Propia

2.3.4. VENTILACIÓN AUXILIAR

Es aquella ventilación de admisión y retorno del flujo de aire entre la ventilación principal y el área de trabajo. La necesidad de una buena y eficiente ventilación aumenta a medida que las minas se desarrollan y se crean frentes ciegos, donde la ventilación principal no alcanza. La ventilación auxiliar en frentes ciegos se utiliza para extraer el aire contaminado, y proveer un caudal de aire puro para tener un ambiente de trabajo sano.

Este sistema está compuesto por el ventilador y sus respectivos ductos o mangas, son instalados a lo largo de la labor, pudiendo trabajar en forma aspirante, impelente o combinado. Cuando las labores a ventilar son cortas, generalmente se emplea el aire comprimido directamente por la manguera conductora.

Ventiladores Auxiliares

Actualmente en la Unidad Minera Huachocolpa Uno se tienen en operación 08 ventiladores auxiliares:

07 ventiladores de 14.16 m³/s (30,000 cfm)

01 ventilador de 9.44 m³/s (20,000 cfm)

TABLA N° 2.5.: RELACIÓN DE VENTILADORES AUXILIARES

	N° INTERNO	UBICACIÓN		CAUDAL (cfm)	POTENCIA (HP)	MARCA	FUNCIÓN	SITUACIÓN ACTUAL
		NIVEL	LABOR					
1	75 - 01	4230	CX 063	30,000	75	Siemens	Inyector	Operativo
2	75 - 02	4230	BP 063 W	30,000	75	Siemens	Inyector	Operativo
3	75 - 03	4230	BP 670	30,000	75	Siemens	Inyector	Operativo
4	75 - 05	4230	CX 077	30,000	75	Siemens	Inyector	Operativo
5	75 - 06	4230	BP 767 W	30,000	75	Siemens	Inyector	Operativo
6	75 - 07	4230	BP 767 W	30,000 (enseriado)	75	Siemens	Inyector	Operativo
7	75 - 08	4230	BP 767 W	30,000 (enseriado)	75	Siemens	Inyector	Operativo
8	50 - 01	4230	CX 882	20,000	50	INMEPEB	Inyector	Operativo

2.3.5. VARIABLES DE LA VENTILACIÓN DE MINAS

Para determinar la resistencia de las diferentes labores o conductos de aire, es necesario conocer las variables de ventilación, tales como: Resistencia de los conductos (R), caída de presión (H) y el caudal del aire (Q).

- **RESISTENCIA DE LOS CONDUCTOS (R)**

La resistencia es la variable inherente a las características de la mina que se oponen al flujo continuo del aire; depende básicamente de la superficie de la labor, de la sección transversal y del coeficiente de fricción aerodinámico. Atkinson halló que la diferencia de presión requerida para inducir el movimiento del aire por las labores subterráneas es proporcional al cuadrado de la velocidad, longitud del recorrido y el perímetro de la galería e inversamente proporcional al área de la misma. Esto significa, que mientras el conducto de ventilación sea de mayor tamaño, más baja será la resistencia del conducto y por consiguiente habrá menor caída de presión.

Ecuación de Atkinson

$$H = \frac{KOLQ^2}{5.2A^3}$$

Donde:

- H : Pérdida de presión (Pulg. de agua)
- K : Coeficiente de fricción del conducto (lb.min²/ft⁴)
- O : Perímetro de la sección transversal del conducto (ft)
- L : Longitud del conducto (ft)
- Q : Caudal requerido (ft³/min)
- A : Área de la sección transversal del conducto (ft²)

- **CAIDA DE PRESIÓN (H)**

Es la depresión originada por el paso del aire a través de los conductos de la mina. Los conductos ofrecen resistencia al paso del aire y como consecuencia el valor de la caída de presión del flujo de aire aumenta.

Esta caída de presión se produce tanto por fricción como por choque:

$$H = H_{Fricción} + H_{Choque}$$

$$H = R * Q^2$$

Donde:

H : Caída de presión, conocida como presión estática (H_s), en pulgadas de agua.

Q : Caudal de aire, en ft^3/min (cfm).

- **CAUDAL DE AIRE (Q)**

Caudal es la cantidad de flujo de aire que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El caudal de una sección cerrada o manga puede calcularse a través de la siguiente fórmula ^[4]:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q : Caudal (m^3/min)

V : Velocidad del flujo (m/min)

A : Área de sección transversal (m^2)

2.3.6. REQUERIMIENTO DE AIRE

Se debe proveer de una suficiente cantidad de aire fresco hacia los lugares de trabajo o donde sea necesario la dilución y transporte de sustancias contaminantes. Así también para obtener un ambiente agradable, de tal manera que mejoren las condiciones de trabajo y como consecuencia aumente la productividad.

La necesidad de aire en el interior de la mina, se determinará de acuerdo al Anexo 38 de la modificatoria D.S. N° 023-2017-EM del D.S. N° 024-2016-EM.

REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL

Cuando en la operación se utilicen equipos con motor petrolero:

La demanda de aire al interior de la mina debe ser calculada de acuerdo al literal d) del artículo 252 del reglamento, considerando la fórmula siguiente:

$$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu}$$

Donde:

Q_{To} : Caudal total para la operación

Q_{T1} : La sumatoria del caudal requerido por: número de trabajadores (Q_{Tr}), consumo de madera (Q_{Ma}), temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te}) y equipos con motor petrolero (Q_{Eq}).

Q_{Fu} : 15% del Q_{T1}

$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Ma} + Q_{Te} + Q_{Eq}$$

A estos efectos, previamente debe determinarse lo siguiente:

2.3.6.1. CAUDAL REQUERIDO POR EL NÚMERO DE TRABAJADORES

De acuerdo al artículo 247 del D.S. N° 024-2016-EM, en los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por persona será de tres metros cúbicos por minuto ($3 \text{ m}^3/\text{min}$).

En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala:

1. De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40%, que será igual a $4 \text{ m}^3/\text{min}$.
2. De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70%, que será igual a $5 \text{ m}^3/\text{min}$.
3. Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100%, que será igual a $6 \text{ m}^3/\text{min}$.

$$Q_{Tr} = F * N \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

Donde:

Q_{Tr} : Caudal total para “n” trabajadores (m^3/min)

F : Caudal mínimo por persona de acuerdo a la escala establecida en el art. 247 del reglamento (m^3/min)

N : Número de trabajadores de la guardia más numerosa

2.3.6.2. CAUDAL REQUERIDO POR EL CONSUMO DE MADERA

La madera empleada al interior de la mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO₂ y CH₄, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior de la mina. Este factor se determina de manera proporcional a la producción.

Para el cálculo debe considerarse la siguiente escala:

- Si el consumo de madera es del 20% hasta el 40% del total de la producción, el factor de producción debe ser de 0.60 m³/min.
- Si el consumo de madera es del 41% hasta el 70% del total de la producción, el factor de producción debe ser de 1.00 m³/min.
- Si el consumo de madera es mayor al 70% del total de la producción, el factor de producción debe ser de 1.25 m³/min.

$$Q_{Ma} = T * u \quad (m^3/min)$$

Donde:

Q_{Ma} : Caudal requerido por toneladas de producción (m³/min)

u : Factor de producción, de acuerdo a escala establecida en el segundo párrafo del literal d) del artículo 252 de la modificatoria del reglamento.

T : Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

2.3.6.3. CAUDAL REQUERIDO POR TEMPERATURA EN LAS LABORES DE TRABAJO

Para mantener la temperatura de confort en el lugar de trabajo, se debe considerar en el cálculo del requerimiento de aire una velocidad mínima de 30 m/min, cuando la temperatura se encuentre en el rango de 24°C hasta 29°C como máximo.

$$Q_{Te} = V_m * A * N \quad (m^3/min)$$

Donde:

Q_{Te} : Caudal por temperatura (m^3/min)

V_m : Velocidad mínima (m/min)

N : Número de niveles con temperatura mayor a 23°C, de acuerdo a escala establecida en el tercer párrafo del literal d) del artículo 252 de la modificatoria del reglamento.

2.3.6.4. CAUDAL REQUERIDO POR EQUIPO CON MOTOR PETROLERO

El requerimiento de aire para los equipos que operan con motores petroleros no debe ser menor de 3 m^3/min , por la capacidad efectiva de potencia (HP) y en función a su disponibilidad mecánica y utilización de acuerdo a la evaluación realizada por la titular de actividad minera que considere también la altitud, el calor de los motores y las emisiones de gases y partículas en suspensión.

$$Q_{Eq} = 3 * HP * D_m * F_u \quad (m^3/min)$$

Donde:

Q_{Eq} : Volumen de aire necesario para la ventilación (m^3/min)

HP : Capacidad efectiva de potencia (HP)

D_m : Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%)

F_u : Factor de utilización promedio de los equipos (%)

2.3.6.5. CAUDAL REQUERIDO POR FUGAS

$$Q_{Fu} = 15\% * Q_{T1}$$

Donde:

Q_{Fu} : Caudal requerido por fugas (m^3/min)

Q_{T1} : Sumatoria del caudal requerido por: número de trabajadores (Q_{Tr}), consumo de madera (Q_{Ma}), temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te}) y equipos con motor petrolero (Q_{Eq}).

$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Ma} + Q_{Te} + Q_{Eq}$$

CAPÍTULO III

SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL NIVEL 4230

MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA

ALIMAK 081

3.1. JUSTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA

ALIMAK 081

Considerando que uno de los mayores problemas en la Unidad Minera Huachocolpa Uno está ligado a la evacuación del aire viciado de todas las operaciones de la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230 a superficie, debido a que el circuito de ventilación en esta zona es forzada mediante ventiladores de 60,000 cfm instalados en serie y que la chimenea más cercana usada para la evacuación del aire viciado se encuentra a 400 metros del BP 767 W, lo cual genera un ambiente de trabajo inadecuado para el personal e ineficiente para los equipos.

Por esta razón como alternativa de solución, se plantea la construcción de la Chimenea Alimak 081 para la evacuación del aire viciado de la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230 a superficie. Además con la conexión de la chimenea alimak 081 a superficie, se reducirá el tiempo de los ciclos de minado, reducirá la cantidad de ventiladores en el nivel 4230, a su vez se reducirán los costos.

Esta chimenea de sección 3.0 m x 3.0 m abarca desde el nivel 4238.41 hasta el nivel 4590.41 (superficie), con una longitud de 352 metros.

La construcción de esta chimenea Alimak 081 se ha decidido realizarla con el equipo alimak eléctrico STH – 5E y perforadora neumática, programando iniciar en el nivel 4238.41 a 4338.51, luego del 4338.51 al 4438.41 y del nivel 4438.41 al 4590.41 (superficie). Actualmente esta chimenea se encuentra en funcionamiento desde setiembre del 2016.

3.2. LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA

3.2.1. LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN

El levantamiento de la ventilación de minas es un conjunto de operaciones de campo y gabinete, que permiten conocer el estado real del sistema de ventilación de una mina, mediante la determinación del flujo de aire, evaluación de los agentes contaminantes, evaluación de los ventiladores existentes, etc., con los cuales se determina el balance general y el requerimiento de aire fresco.

En esta etapa, se efectuó el levantamiento de las labores accesibles de la mina por donde circula el aire, incluyendo aquellas labores de niveles donde ya no se desarrollan actividades de desarrollo ni explotación.

El desarrollo del trabajo de campo y gabinete se describe a continuación:

3.2.1.1. PUNTOS DE MONITOREO DE VENTILACIÓN

Son lugares donde se efectúan las mediciones de la velocidad del aire, sección transversal, temperatura ambiental y dirección del flujo de aire. Las mediciones de la sección transversal se efectúan haciendo uso de un distanciómetro.

Los puntos de monitoreo los tenemos identificados en todos los niveles de mina para la medición de los flujos de aire. Están señalados en las labores de ingreso y salida de aire de la mina, en los puntos de bifurcación o unión de labores de mayor significación de corrientes de aire, en labores de captación y descarga de ventiladores.

De los planos topográficos existentes también se obtienen las distancias longitudinales de las galerías, cruceros, rampas y chimeneas de la mina, conocidos como conductos de aire.

3.2.1.2. PARÁMETROS DE VENTILACIÓN

Los parámetros a considerar en el levantamiento de la ventilación son:

- Cantidad de aire requerido para las diferentes secciones de la mina, tales como labores de explotación, preparación y desarrollo; talleres de mantenimiento de equipos y áreas donde trabaja el personal.
- Área de la sección transversal del conducto.
- Perímetro de la sección transversal del conducto.
- Longitud del conducto.
- Coeficiente de fricción.

Con los parámetros descritos se determinan la cantidad, tamaño, capacidad y potencia de los ventiladores para poner en movimiento el aire requerido y dar solución al sistema de ventilación de la mina, empleando las siguientes expresiones:

$$HP = \frac{HQ}{6346 n} \quad (a)$$

Donde:

- HP : Potencia del motor del ventilador (HP)
- H : Pérdida de presión (Pulg. de agua)
- Q : Caudal requerido (ft³/min)
- n : Eficiencia del motor del ventilador (tanto por uno)

Ecuación de Atkinson

$$H = \frac{KPLQ^2}{5.2A^3} \quad (b)$$

Donde:

- H : Pérdida de presión (Pulg. de agua)
- K : Coeficiente de fricción del conducto (lb min²/ft⁴)
- P : Perímetro de la sección transversal del conducto (ft)
- L : Longitud del conducto (ft)
- Q : Caudal requerido (ft³/min)
- A : Área de la sección transversal del conducto (ft²)

a) Determinación del coeficiente de fricción (k)

El coeficiente de fricción en décadas anteriores se determinaba con apoyo de tablas empíricas según el tipo de roca y características geométricas longitudinales del conducto o labor minera. Actualmente se cuenta con una serie de relaciones matemáticas para su determinación.

La siguiente relación es la que se adecúa mejor para los cálculos:

$$k = \frac{1.855 * 10^{-6}}{6.67(1.74 - 2\log(2e/Dh))^2} \quad (c)$$

Donde:

- k : Coeficiente de fricción del conducto (lb min²/ft⁴)
- e : Espesor de las irregularidades de la sección transversal del conducto (m)
- Dh : Diámetro hidráulico del conducto (m)

Esta relación fue deducida por el Ing. CamSeeber de nacionalidad Canadiense, relacionando la Fórmula de Atkinson que sirve para el cálculo de ventilación de minas con fórmulas científicas de Karman Plandtl y Colebrooke-White de dinámica de fluidos, en el que el parámetro principal es la rugosidad de la sección transversal de los conductos.

b) Procedimiento de medición del espesor (e) de las irregularidades del conducto

El espesor de las irregularidades del conducto es un parámetro importante para el cálculo del coeficiente de fricción del cual depende la consistencia de los resultados de diseño del sistema de ventilación.

En la Unidad Minera Huachocolpa Uno, se realizaron las mediciones del espesor de las irregularidades en los conductos principales de ventilación, los cuales sirven para los cálculos, obteniéndose resultados consistentes y similares a los circuitos de ventilación real de la mina.

El procedimiento de medición (ver Figura N° 3.1.) es el siguiente:

1. Establecer tramos de 10 m. en una labor.
2. Establecer en ese tramo 8 puntos de medición: 2 en cada pared lateral del conducto, 2 en el techo y 2 en el piso.
3. En cada punto extender una cuerda entre 2 puntos de 10 m de longitud como máximo.
4. Medir los espacios entre la pared del conducto y la cuerda.
5. Obtener el promedio de los espacios medidos, el cual representa el espesor de las irregularidades del conducto "e".

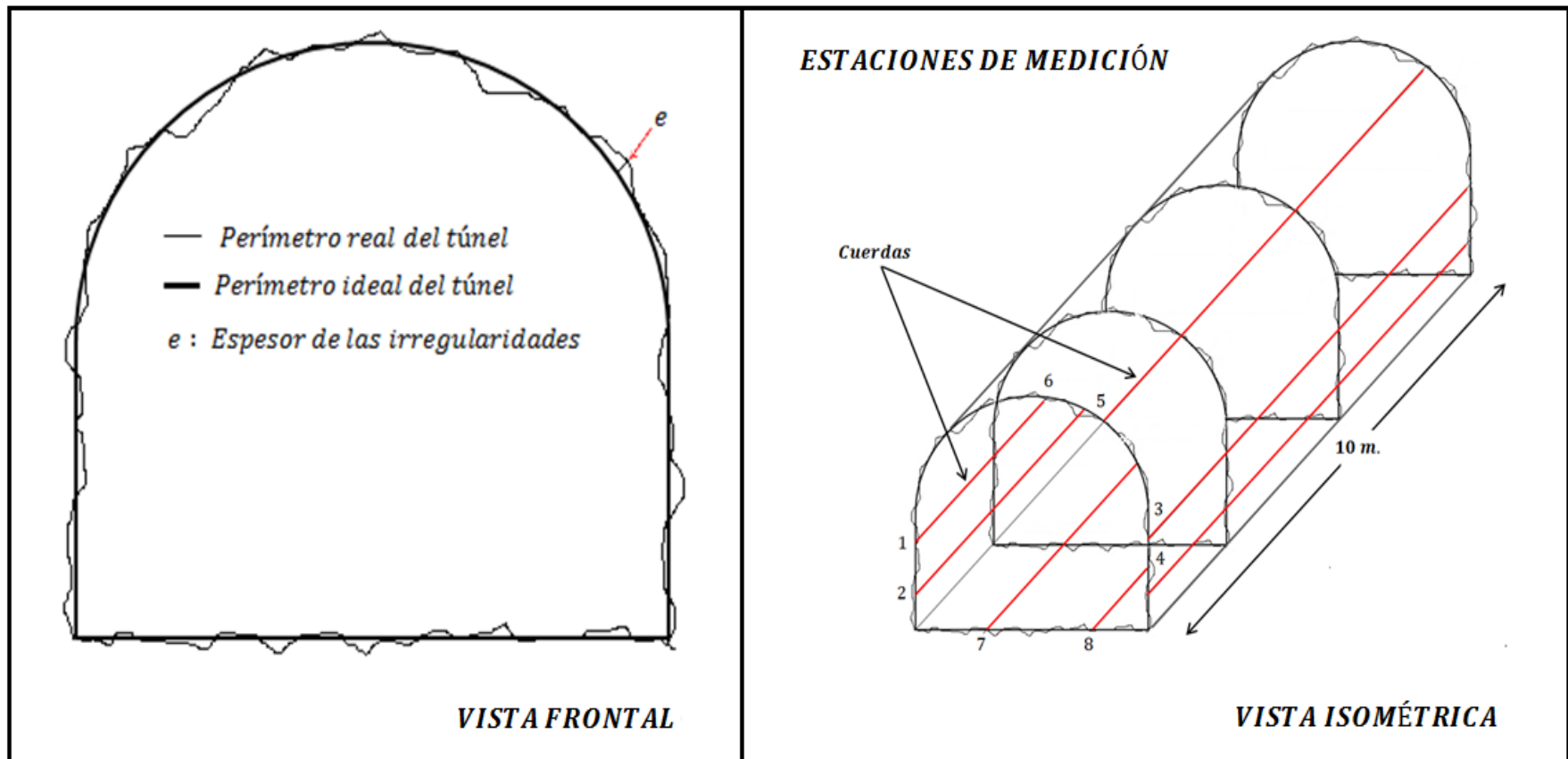


FIGURA N° 3.1.: Puntos de Medición de Irregularidades

3.2.1.3. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL AIRE

Haciendo uso de un termo - anemómetro digital se efectúa la medición de los flujos de aire en cada uno de los puntos de monitoreo establecidos.

Medición con termo - anemómetro

En cada uno de los 9 puntos de la sección transversal de la labor, se toman la velocidad máxima y la velocidad mínima para obtener el promedio aritmético, el cual se multiplica por el factor de calibración del instrumento para obtener la velocidad del flujo de aire.

$$V = f * V_p$$

Donde:

V : Velocidad de flujo de aire (m/s)

V_p : Velocidad promedio (m/s)

f : Factor de calibración del instrumento

Como ejemplo se muestra la base de datos y los cálculos respectivos de velocidad, caudal, temperatura y humedad relativa en la Tabla N° 3.1.:

TABLA N° 3.1.: Levantamiento de la Ventilación de Rampa 1

LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN RP 1													
Fecha: 19 de marzo del 2016													
Punto de Monitoreo	Labor	Área de la Sección		Velocidad del Aire		Caudal de Aire		Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Gases			
										LMP			
		25 ppm	10 ppm	0.5%	19.5%								
		CO	H₂S	CO₂	O₂								
pie²	m²	pie/min	m/min	pie³/min	m³/min								
PM-23	RP 1	180.83	16.80	533.46	162.60	96468.37	2731.68	19 °C	82	25	2	25.47	20.3
PM-24	CX103	48.33	4.49	299.61	91.32	14479.96	410.03	20 °C	82	25	0	36.40	20.2
PM-25	CX 180	72.98	6.78	165.35	50.40	12067.45	341.71	20 °C	82	25	0	50.40	20.2
PM-26	CH 246	72.98	6.78	165.35	50.40	12067.45	341.71	20 °C	82	24	0	42.10	20.3
PM-28	CX 930	104.41	9.70	162.40	49.50	16956.34	480.15	20 °C	82	23	3	23.30	20.2
PM-29	CX 805	72.98	6.78	172.90	52.70	12618.14	357.31	20 °C	80	24	3	49.10	20.1
PM-30	GAL 392	57.05	5.30	275.59	84.00	15722.09	445.20	20 °C	80	24	0	41.10	20.3
PM-31	GAL 308	69.97	6.50	115.16	35.10	8057.04	228.15	20 °C	80	24	0	62.00	20.3
PM-32	GAL 392	59.20	5.50	196.85	60.00	11653.84	330.00	24 °C	78	25	6	22.08	20.3
PM-33	RP 284	189.44	17.60	492.13	150.00	93230.72	2640.00	24 °C	76	25	5	48.70	20.2
PM-34	GAL 093	130.24	12.10	89.90	27.40	11708.22	331.54	26 °C	76	23	5	10.39	20.3
PM-35	VT 820	48.76	4.53	1105.31	336.90	53895.73	1526.16	27 °C	76	20	5	31.02	20.2
PM-36	VT 810	52.10	4.84	1787.73	544.90	93135.94	2637.32	28 °C	76	40	1	18.42	20.2
PM-37	CH 796	48.44	4.50	1795.28	547.20	86958.84	2462.40	28 °C	76	20	1	41.00	20.2

PM-38	RP 284	220.66	20.50	151.90	46.30	33518.92	949.15	28 °C	76	22	2	52.10	20.2
PM-39	BP 156 E	212.05	19.70	129.27	39.40	27410.54	776.18	28 °C	78	55	0	32.59	20.3
PM-40	RP 284	216.35	20.10	279.53	85.20	60477.07	1712.52	22 °C	78	32	0	26.18	20.3
PM-41	BP 767 W	215.28	20.00	271.00	82.60	58339.83	1652.00	23 °C	78	67	12	23.31	20.2
PM-42	BP 767 W	223.89	20.80	282.81	86.20	63317.78	1792.96	23 °C	78	54	9	45.11	20.2
PM-44	RP 670	216.35	20.10	106.96	32.60	23140.29	655.26	23 °C	78	43	4	53.10	20.1
PM-45	RP 767	201.29	18.70	110.24	33.60	22188.91	628.32	23 °C	78	32	0	22.21	20.3
PM-46	BP 670	205.59	19.10	125.33	38.20	25766.29	729.62	25 °C	78	30	0	10.43	20.3
PM-47	CH 063	53.82	5.00	416.67	127.00	22424.81	635.00	24 °C	78	29	6	32.90	20.2
PM-48	GL 063 E	194.83	18.10	118.77	36.20	23138.88	655.22	24 °C	78	25	10	75.32	20.1
PM-49	GL 063 W	212.05	19.70	123.03	37.50	26088.71	738.75	24 °C	76	21	3	66.73	20.2
PM-50	RP 140	215.28	20.00	119.75	36.50	25779.71	730.00	27 °C	76	28	3	48.14	20.2
PM-51	CX 077	202.36	18.80	95.47	29.10	19319.95	547.08	27 °C	76	66	8	52.38	20.2
PM-52	BP 767 W	217.43	20.20	255.58	77.90	55570.45	1573.58	27 °C	76	57	11	47.20	20.2
PM-53	GL 767 E	207.74	19.30	257.87	78.60	53571.64	1516.98	28 °C	75	20	13	36.21	20.3
PM-54	RP 882	216.35	20.10	63.98	19.50	13841.58	391.95	27 °C	80	56	19	85.12	20.2
PM-55	CX 937	205.59	19.10	55.45	16.90	11399.22	322.79	28 °C	80	47	14	47.22	20.2
PM-56	GL 882	198.06	18.40	57.41	17.50	11371.32	322.00	28 °C	80	80	11	69.41	20.2
PM-57	BP 767 W	208.82	19.40	70.87	21.60	14798.26	419.04	27 °C	82	120	17	74.10	20.2

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. CIRCUITO DEL AIRE DE LA MINA

Las labores subterráneas por donde circula el aire en interior mina están interconectadas entre sí formando los circuitos de ventilación.

El sistema de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno es íntegramente mecánico. Las operaciones propias de la mina están condicionadas al funcionamiento de este sistema; ante la paralización del mismo, existe la necesidad de evacuar al personal de los niveles más bajos de la mina y por consiguiente paralizar las operaciones.

TABLA N° 3.2.: Circuito de ventilación de la zona de profundización de Rampa 1 antes de la chimenea alimak 081

TIPO CAUDAL	PUNTO MONITOREO	LABOR	CAUDAL (CFM)	CAUDAL TOTAL (CFM)
INGRESO	PM - 23	RP 1	96,468.37	110,948.33
	PM - 24	CX 103	14,479.96	
SALIDA	PM - 28	CX 930	16,956.34	116,533.32
	PM - 29	CX 805	12,618.14	
	PM - 37	CH 796	86,958.84	

3.2.3. CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AIRE DE LA ZONA DE PROFUNDIZACION DE RAMPA 1 NIVEL 4230, ANTES DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

El cálculo de requerimiento de aire y la circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes para cubrir las necesidades de aire en la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230, se efectuó de acuerdo al número de trabajadores, al consumo de madera, a la temperatura en las labores de trabajo y los equipos con motor petrolero.

Los datos para el cálculo del requerimiento de aire total, son:

- El caudal de aire necesario por persona está en función de la altitud de la zona de operación, la Unidad Minera Huachocolpa Uno se encuentra sobre los 4000 msnm, lo cual equivale a $6 \text{ m}^3/\text{min}$ por persona.
- La producción es de 600 TM/guardia, siendo el factor de producción igual a $0.60 \text{ m}^3/\text{min}$ de acuerdo al consumo de madera de 20 a 40%.
- La velocidad mínima de aire es de 30 m/min porque la temperatura en las labores de trabajo se encuentran en el intervalo 24 – 29 °C.
- El área promedio es 16.8 m^2 y se evalúa solo la zona de profundización de rampa 1 que se encuentra en el nivel 4230.
- El caudal de aire necesario por cada HP de equipos diesel es de $3 \text{ m}^3/\text{min}$.
- La disponibilidad mecánica promedio es 83% y el factor de utilización promedio es 72%

Determinación del Requerimiento de Aire Total (Q_{To})

- Caudal requerido por el número de trabajos (Q_{Tr})

$$Q_{Tr} = F * N \quad (m^3/min)$$

$$Q_{Tr} = 21 * 6$$

$$Q_{Tr} = 126 \text{ m}^3/min = 4,449.65 \text{ cfm}$$

- Caudal requerido por el consumo de madera (Q_{Ma})

$$Q_{Ma} = T * u \quad (m^3/min)$$

$$Q_{Ma} = 600 * 0.60$$

$$Q_{Ma} = 360 \text{ m}^3/min = 12,713.28 \text{ cfm}$$

- Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te})

$$Q_{Te} = V_m * A * N \quad (m^3/min)$$

$$Q_{Te} = 30 * 16.8 * 1$$

$$Q_{Te} = 504 \text{ m}^3/min = 17,798.59 \text{ cfm}$$

- Caudal requerido por equipo con motor petrolero (Q_{Eq})

$$Q_{Eq} = 3 * HP * D_m * F_u \quad (m^3/min)$$

$$Q_{Eq} = 3 * HP \text{ efectivo}$$

$$Q_{Eq} = 3 * 949.10$$

$$Q_{Eq} = 2847.31 \text{ m}^3/min = 100,551.87 \text{ cfm}$$

- **Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})**

$$Q_{Fu} = 15\% * Q_{T1} \quad (m^3/min)$$

Donde:

$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$$

$$Q_{T1} = 4449.65 + 12,713.28 + 17,798.59 + 100,551.87$$

$$Q_{T1} = 135,513.39 \text{ cfm}$$

Entonces:

$$Q_{Fu} = 15\% * Q_{T1}$$

$$Q_{Fu} = 15\% * 135,513.39 = 20,327.01 \text{ cfm}$$

Por lo tanto, el caudal total requerido será:

$$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu} = 135,513.39 + 20,327.01$$

$$Q_{To} = 155,840.4 \text{ cfm}$$

3.2.4. BALANCE DE INGRESO Y SALIDA DEL AIRE DE LA ZONA DE PROFUNDIZACIÓN RAMPA 1 NIVEL 4230, ANTES DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

La zona de profundización de Rampa 1 – Nivel 4230 cuenta con dos caudales de ingreso de aire limpio (Bocamina de Rampa 1 y Cx 103) y tres caudales de salida de aire viciado (Cx 930, Cx 805 y Ch alimak 796), ver Tabla N° 3.2., con los cuales se determina el balance de ingreso y salida del aire, sabiendo que el caudal de salida de aire no debe exceder del 10% del volumen que se distribuye. Esta diferencia es por la influencia de la humedad y presión de vapor de agua reinante en la mina, la evacuación de los gases de los equipos diesel y el uso de aire comprimido, que hacen

variar el volumen y peso específico del aire; los cambios de densidad del aire se reflejan en cambios del caudal de aire y rendimiento de los ventiladores. Al realizar el levantamiento de caudales en la mina para obtener el balance de flujos, es importante entender cómo la humedad y la presión de vapor de agua, relacionados directamente a la densidad, afectan los volúmenes.

El balance del sistema de ventilación es también determinar la cobertura del requerimiento de aire para una operación normal de la mina. Esta cobertura de aire limpio en la mina, se determina comparando el ingreso de aire limpio versus la necesidad de aire limpio para la operación mina.

La cobertura de aire limpio para la operación mina antes de la chimenea alimak 081:

$$\text{Cobertura (\%)} = \frac{\text{Caudal de Ingreso } (Q_i)}{\text{Caudal Requerido } (Q_r)} \times 100$$

$$\text{Cobertura (\%)} = \frac{110,948.33}{155,840.40} \times 100$$

$$\text{Cobertura (\%)} = 71.19\% \approx 71\%$$

El resumen del balance de aire se muestra en el siguiente cuadro:

TABLA N° 3.3.: Balance General de Aire antes de la Chimenea Alimak 081

BALANCE GENERAL DE AIRE ENERO 2016						
UNIDAD :		HUACHOCOLPA I				
ZONA:		BIENAVENTURADA				
MINA:		CAUDALOSA				
FECHA:		16/01/2016	TURNO:	DIA		
I. PARÁMETROS DE CÁLCULO						
		UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VALOR		
1.1	ÁREA PROMEDIO DE LABOR	m ²	A	16.80		
1.2	TIPO DE EXPLOSIVO		TE	ANFO		
1.3	VELOCIDAD MINIMA DEL AIRE	m/min	V _m	30		
1.4	NÚMERO DE NIVELES MAYORES A 23 °C	unid	N	1		
1.5	FACTOR DE PRODUCCIÓN	m ³ /min	u	0.60		
1.6	PRODUCCIÓN POR GUARDIA	TMH/GDIA	T	600		
1.7	NÚMERO DE TRABAJADORES/GDIA.	unid	N	21		
1.8	POTENCIA TOTAL DE EQUIPOS DIESEL	hp	HP	949.1		
1.9	TIEMPO DE VENTILACION MINIMA	min	t	60		
2	COTA DE TRABAJO	msnm	c	4600		
2.1	CAUDAL MÍNIMO POR PERSONA	m ³ /min	F	6		
2.2	CAUDAL REQUERIDO/HP	m ³ /min	q _a	3		
2.3	CAUDAL DE SALIDA	CFM	Q _s	116,533.32		
2.4	CAUDAL DE INGRESO	CFM	Q _i	110,948.33		
2.5	CAUDAL REQUERIDO	CFM	Q _r	155,840.40		
2.6	COBERTURA (Q _i /Q _r) x 100	%	C	71%		
Reglamento de S.S.O. D.S. N° 024-2016-EM						
Cota m.s.n.m.		m³/min				
0 a 1,499		3				
1,500 a 2,999		4				
3,000 a 3,999		5				
4,000 a más		6				
Factor de producción de acuerdo al consumo de madera						
Consumo madera (m³)		Factor Producción (m³/min)				
< 20		0.00				
20 - 40		0.60				
41 - 70		1.00				
> 70		1.25				
II. DETERMINACION DEL REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL (Q_{To})						
2.1 CAUDAL REQUERIDO POR EL NÚMERO DE TRABAJADORES (Q_{Tr})						
$Q_{Tr} = F \times N$ (m ³ /min)		Caudal	m ³ /min	CFM		
		Q _{Tr}	126	4,449.65		
2.2 CAUDAL REQUERIDO POR EL CONSUMO DE MADERA (Q_{Ma})						
$Q_{Ma} = T \times u$ (m ³ /min)		Caudal	m ³ /min	CFM		
		Q _{Ma}	360.00	12,713.28		
2.3 CAUDAL REQUERIDO POR TEMPERATURA EN LAS LABORES (Q_{Te})						
$Q_{Te} = Vm \times A \times N$ (m ³ /min)		Caudal	m ³ /min	CFM		
		Q _{Te}	504.00	17,798.59		
2.4 CAUDAL REQUERIDO POR EQUIPO CON MOTOR PETROLERO (Q_{Eq})						
Cant.	Equipo	HP	FU	DM (%)	HP EFECTIVO	OBSERVACIONES
01	SCOOP DE 6.0 YD ³	240	0.78	0.82	153.50	COMICIV SAC
01	SCOOP DE 2.5 YD ³	130	0.80	0.80	83.20	COMICIV SAC
01	JUMBO	78	0.60	0.85	39.78	COMICIV SAC
01	CAMIÓN DE SERVICIOS	100	0.74	0.81	59.94	COMICIV SAC
01	CAMIONETA 4 X 4	80	0.65	0.85	44.20	COMICIV SAC
02	VOLQUETES	440	0.76	0.85	568.48	COMICIV SAC
					949.10	
$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u$ (m ³ /min)		Caudal	m ³ /min	CFM		
		Q _{Eq}	2,847.31	100,551.87		
2.3 CAUDAL REQUERIDO POR FUGAS (Q_{Fu})						
$Q_{t1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$ (m ³ /min)		Q _{t1}	3,837.31	135,513.39		
$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1}$ (m ³ /min)		Caudal	m ³ /min	CFM		
		Q _{Fu}	575.60	20,327.01		
2.4 REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL (Q_{To})						
		Q _{T1} + Q _{Fu}	4,412.91	155,840.40		
III. COBERTURA DEL SISTEMA (C)						
			CFM	m ³ /min		
		CAUDAL DE INGRESO	Q _i	110,948.33	3,141.71	
		CAUDAL REQUERIDO	Q _{To}	155,840.40	4,412.91	
		COBERTURA (%)		71%		

Fuente: Área de Ventilación Cía. Minera Kolpa S.A. – 2016

De la tabla N° 3.3., podemos deducir que en las operaciones de la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno la cobertura de aire limpio tiene un déficit de aire fresco, la cobertura de aire fresco del nivel 4230 es solo 71%.

3.3. INGENIERÍA BÁSICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

3.3.1. CONSIDERACIONES EN LA ELECCIÓN DEL EQUIPO ALIMAK PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA

En la elección de la plataforma Alimak a emplearse en la construcción de chimeneas, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La caracterización del macizo rocoso, para el cual el macizo debe tener un RMR de 50, un RQD mínimo de 60 y un Q de $5.91 \approx 6$, que corresponde a una calidad del macizo rocoso de regular a buena.
2. La chimenea debe construirse en roca de caja y ser específico de acuerdo al servicio que brindará: ore pass, fill pass, waste pass, pilotos de pique o inclinados, ventilación, servicios, drenaje, arranque en voladuras de gran volumen, etc. Para nuestro caso la chimenea es para el servicio de ventilación.
3. La sección transversal recomendable es de 3.0 m x 3.0 m, cuando se trata de chimeneas mayores de 150 m. Una abertura de mayor sección puede aplicarse para chimeneas de menor longitud, utilizando equipos alimak modelos STH-5EE o STH-5D muy independiente del equipo auxiliar.

4. La inclinación recomendable de la chimenea puede variar de 65° a 90°.

Para nuestro caso la inclinación de la chimenea es de 85°.

5. La longitud mínima de la chimenea debe ser de 50 m. Para nuestro caso la chimenea tiene una longitud de 352 m.

3.3.2. DISEÑO DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

En el diseño de la chimenea alimak 081, se han considerado 3 aspectos fundamentales: Ubicación de la chimenea, diseño de cámara para el Alimak y determinación de la sección óptima de la chimenea.

1. UBICACIÓN DE LA CHIMENEA

En la Unidad Minera Huachocolpa Uno, la ubicación espacial de la chimenea Alimak 081, se determinó fundamentalmente con fines de ventilación por la necesidad de evacuar el aire viciado de la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230, además de prestar servicios automáticamente para mejorar el sistema de ventilación de toda la mina. En otras condiciones, otro factor determinante es la **calidad de la roca de caja** por donde debe atravesar la chimenea, en caso de la Unidad Minera Huachocolpa Uno la chimenea atraviesa en su mayoría por una roca de calidad Regular, según la información del área de geomecánica. La ubicación final proyectada de la chimenea se muestra en las figuras N°3.2. y 3.3.:

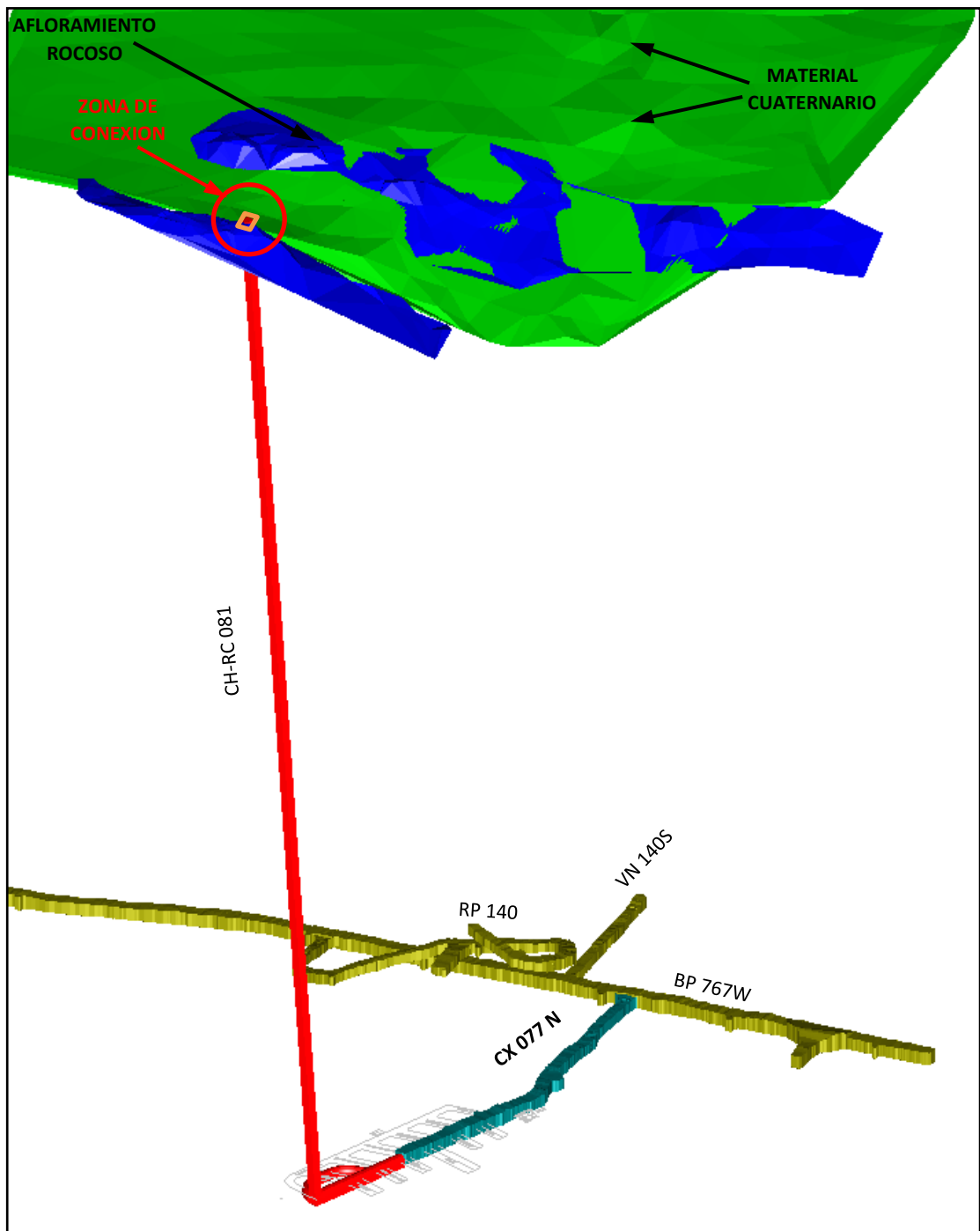


FIGURA N° 3.2.: Diseño en 3D de la chimenea alimak 081

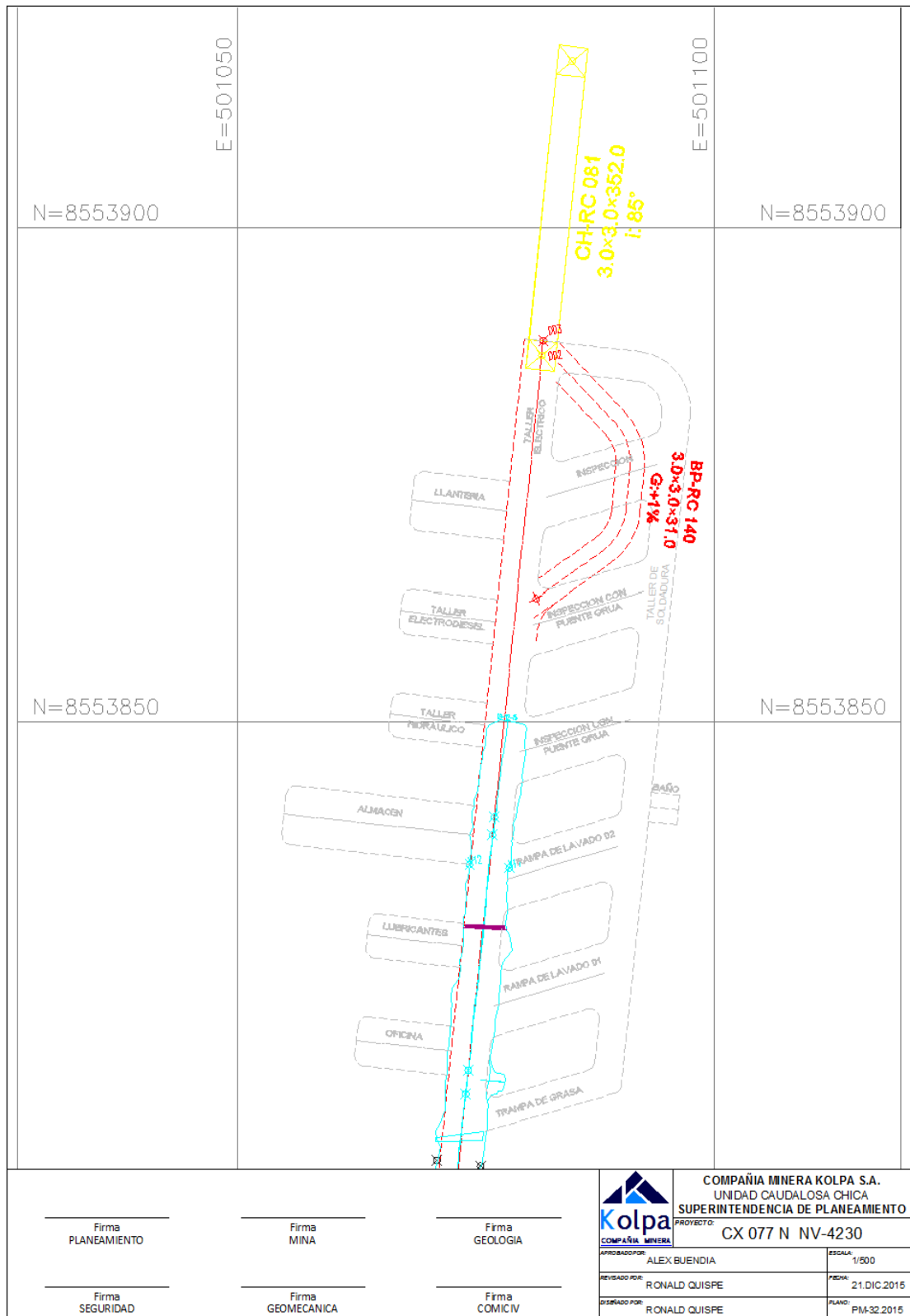


FIGURA N° 3.3.: Vista en planta de la chimenea alimak 081

2. DISEÑO DE CÁMARAS PARA ALIMAK

Para la construcción de una chimenea con alimak se requiere de un diseño especial y debe contar con una infraestructura de instalación, desplazamiento de personal y recepción de la carga en la base de la chimenea. Previamente se diseña una cámara de acuerdo al manual de operaciones de la máquina trepadora y según el modelo que se empleará (ver Figuras N° 3.4. y 3.5.). Las plataformas están construidas de planchas de acero estriadas y con un espesor de 3/8".

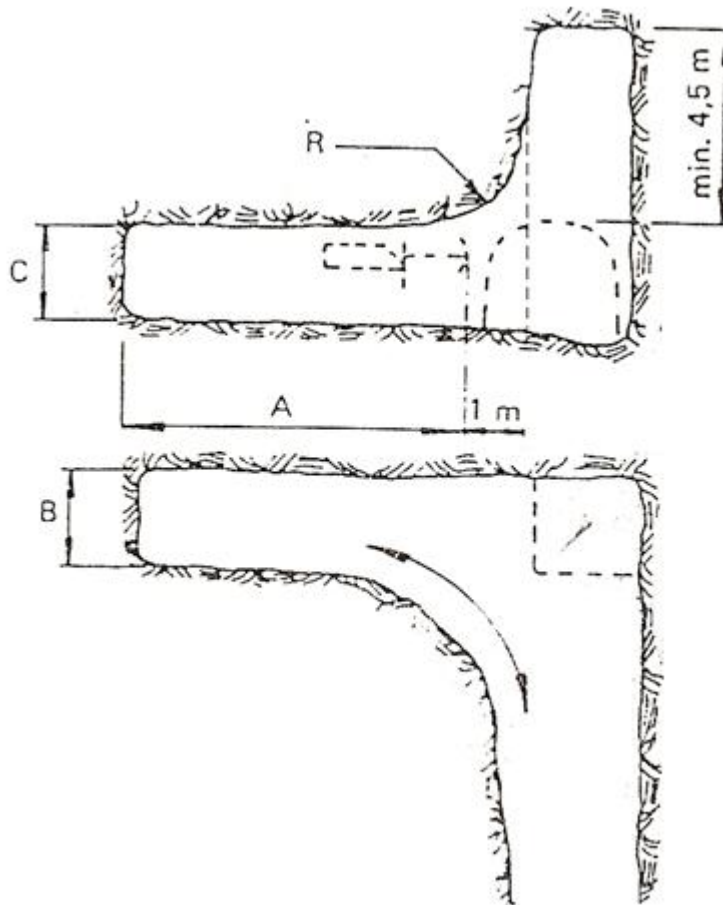


FIGURA N°3.4.: Diseño de cámara para chimeneas verticales

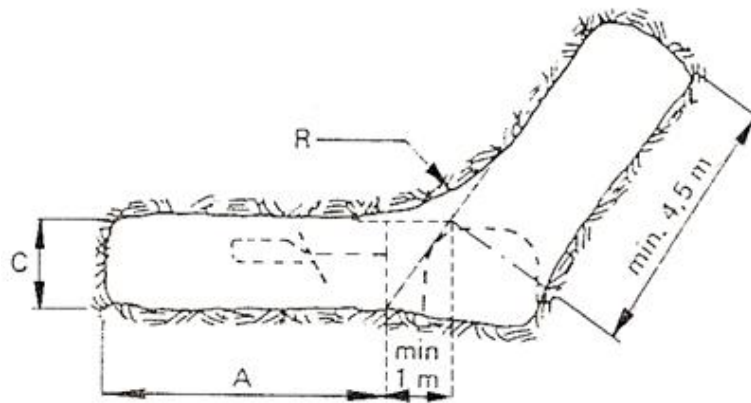


FIGURA N° 3.5.: Diseño de cámara para chimeneas inclinadas

Las cámaras pueden diseñarse y construirse en una galería, cruceo o subnivel que será una labor destinada al tránsito del personal y labor de operación además construir un by pass propio con cámaras independientes que servirán para la limpieza de la carga con scooptram (ver Figura N° 3.6.).

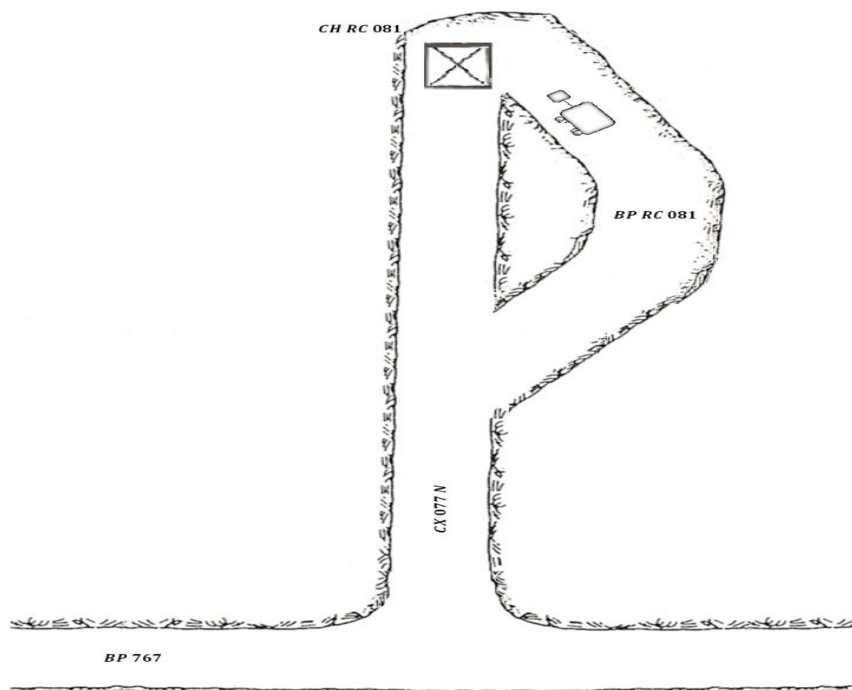


FIGURA N° 3.6.: Diseño de cámaras independientes para operación y limpieza de carga

Asimismo, la cámara debe estar sostenida con pernos helicoidales, cuando el terreno así lo exija.

3. DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA CHIMENEA ALIMAK

081

1) La caída de presión en un conducto de ventilación se determina mediante la ecuación:

$$H = RQ^2$$

Donde:

H : Pérdida de presión por fricción, en pulg H₂O (Pa)

R : Resistencia, en pulg H₂O.min²/ft⁶ (N.S²/m⁸)

Q : Caudal de aire, en cfm o ft³/min (m³/s)

$$R = \frac{KO(L + L_e)}{5.2 A^3}$$

Donde:

K : Coeficiente de fricción, en lb-min²/ft⁴

L : Longitud de la labor, en ft (m)

L_e : Longitud equivalente, en ft (m)

O : Perímetro del conducto, en ft (m)

A : Área de la labor, en ft² (m²)

5.2 : Factor de conversión lb/ft² a pulg H₂O

2) Transformando la caída de presión H para una chimenea circular tenemos:

$$H = 1.247 \frac{K(L + L_e)}{D^5} Q^2 * \frac{\omega}{0.075}$$

3) El HP de trabajo o BHP de la operación del ventilador está dado por:

$$HP = \frac{HQ}{6346n}$$

Reemplazando (2) en (3):

$$HP = 1.247 \frac{K(L + L_e)}{D^5} Q^2 * \frac{Q}{6346n} * \frac{\omega}{0.075}$$

$$HP = 1.965 * 10^{-4} * \frac{K(L + L_e)}{D^5 n} Q^3 * \frac{\omega}{0.075}$$

4) El costo de operación (CO)

$$CO = C_e * HP$$

Ce : Costo de energía anual

Reemplazando (3) en (4):

$$CO = C_e * 1.965 * 10^{-4} * \frac{K(L + L_e)}{D^5 n} Q^3 * \frac{\omega}{0.075}$$

5) El costo de inversión (CI)

$$CI = C_f * C_{exc} * V$$

Donde:

Cf : Costo financiero (interés), está en función del interés y del tiempo.

Cexc : Costo de excavación, en \$/ft³

V : Volumen de la labor, $V = \frac{\pi D^2 L}{4}$

Reemplazando el valor de V en el CI:

$$CI = C_f * C_{exc} * \frac{\pi D^2 L}{4}$$

$$CI = 0.7854 * C_f * C_{exc} * D^2 L$$

6) El costo total (CT)

$$CT = CO + CI$$

Reemplazando (4) y (5) en (6)

$$CT = C_e * 1.965 * 10^{-4} * \frac{K(L + L_e)}{D^5 n} Q^3 * \frac{\omega}{0.075} + 0.7854 * C_f * C_{exc} * D^2 L$$

7) Para que el costo sea mínimo, se toma la primera derivada del Costo

Total (CT) con respecto al Diámetro (D) e igualando a cero, se tiene:

$$\frac{\partial CT}{\partial D} = 0$$

8) El resultado, después de la derivación es:

$$D^7 = \frac{6.27 * 10^{-4} * C_e * K(L + L_e) Q^3}{n * C_f * C_{exc} * L} * \frac{\omega}{0.075}$$

$$D = \sqrt[7]{\frac{6.27 * 10^{-4} * C_e * K(L + L_e) Q^3}{n * C_f * C_{exc} * L} * \frac{\omega}{0.075}}$$

Donde:

- D : Diámetro económico, en ft
- C_e : Costo de energía, en \$/KW año
- L : Longitud de la labor, en ft
- L_e : Longitud equivalente, en ft
- K : Factor de fricción, en lb.min²/ft⁴
- Q : Caudal de aire, en CFM (ft³/min)
- N : Eficiencia total del ventilador (%)
- C_{exc} : Costo de excavación, en \$/ft³

DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

Determinando el diámetro óptimo de la chimenea, con los siguientes datos de mina:

- K : Factor de fricción de la chimenea, $94.6 \times 10^{-10} \text{ lb}\cdot\text{min}^2/\text{ft}^4$
- L : Longitud de la chimenea, $352 \text{ m} = 1154.86 \text{ ft}$
- ω : Densidad del aire en mina = $0.0423 \text{ lb}/\text{ft}^3$
- n : Eficiencia del ventilador $75\% = 0.75$
- Ce : Costo de Energía = $0.1015 \text{ \$/Kwh} = 889.14 \text{ \$/kw año}$
- Cf : Carga Financiera = 0.3949 , para el cual se ha considerado:
- Plazo de amortización = 3.5 años
 - Interés anual del capital = 16%

$$Cf = \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1} = \frac{(1+0.16)^{3.5} \times 0.16}{(1+0.16)^{3.5} - 1} = \frac{0.26898}{0.68114} = 0.3949$$

- C_{exc} : Costo de excavación ($119.6 \text{ \$/m}^3$) = $3.39 \text{ \$/ft}^3$

Los costos de excavación se manejan de acuerdo al tipo de roca y distribuidos de la siguiente manera:

Roca Tipo III

	\$/m
De 0 - 100 m.	928.61
De 101 - 200 m.	1088.79
De 201 - 350 m.	1211.76
Promedio	1076.39 \\$/m

Entonces:

$$\frac{1076.39 \frac{\$}{\text{m}}}{\text{área}(\text{m}^2)} = \frac{1076.39}{9} = 119.60 \frac{\$}{\text{m}^3} = 3.39 \frac{\$}{\text{ft}^3}$$

Q : 200,000 CFM (porque se instalarán dos ventiladores extractores de 100,000 CFM en paralelo)

Reemplazando los datos de la mina, tenemos:

$$D = \sqrt[7]{\frac{6.27 * 10^{-4} * C_e * K(L + L_e)Q^3}{n * C_f * C_{exc} * L} * \frac{\omega}{0.075}}$$

$$D = \sqrt[7]{\frac{6.27 * 10^{-4} * 889.14 * 94.6 * 10^{-10} * (200,000)^3}{0.75 * 0.3949 * 3.39} * \frac{0.0423}{0.075}}$$

$$D = 11.31 \text{ ft} = 3.45 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 * 3.45^2}{4} = 9.34 \text{ m}^2$$

$$A = L^2 = 9.34 \text{ m}^2$$

$$L = 3.05 \text{ m}$$

La sección definida de la chimenea, se decidió por:

Chimenea Alimak 081 = 3.0 m x 3.0 m

El diámetro económico de la Chimenea Alimak 081, también lo podemos representar gráficamente, variando el caudal de aire que circularía por la chimenea y utilizando la siguiente ecuación deducida de la ecuación (9):

$$D = 0.076 * Q^{3/7}, \quad \text{en ft}$$

CAUDAL (Q) x 1000 (ft ³ /min)	DIÁMETRO (D) (ft)
10	3.94
50	7.85
100	10.56
125	11.62
150	12.56
200	14.21
250	15.64
300	16.91
350	18.07
400	19.13

Para un diámetro de 11.31 ft se tiene un caudal de 117,358.45 cfm

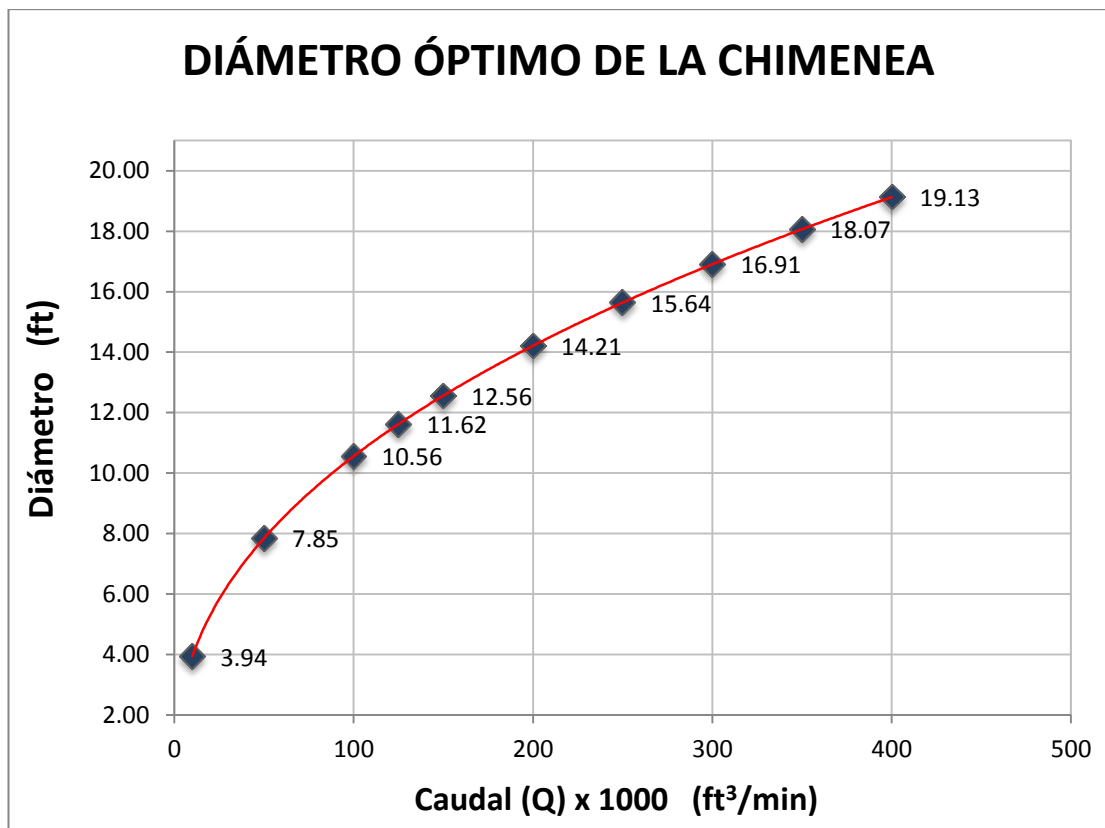


FIGURA N° 3.7.: Diámetro Óptimo de la Chimenea Alimak 081

3.3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO ALIMAK PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA

El Alimak es una plataforma trepadora que se emplea desde 1957 en la perforación de chimeneas donde no es posible el acceso superior, necesitando un nivel de trabajo en el subsuelo. Es un método que por su gran flexibilidad, economía y velocidad se utiliza en la excavación de chimeneas. Consta de los siguientes elementos (ver Figura N° 3.8.):

- Jaula
- Plataforma de trabajo
- Motores de accionamiento
- Carril guía
- Elementos auxiliares

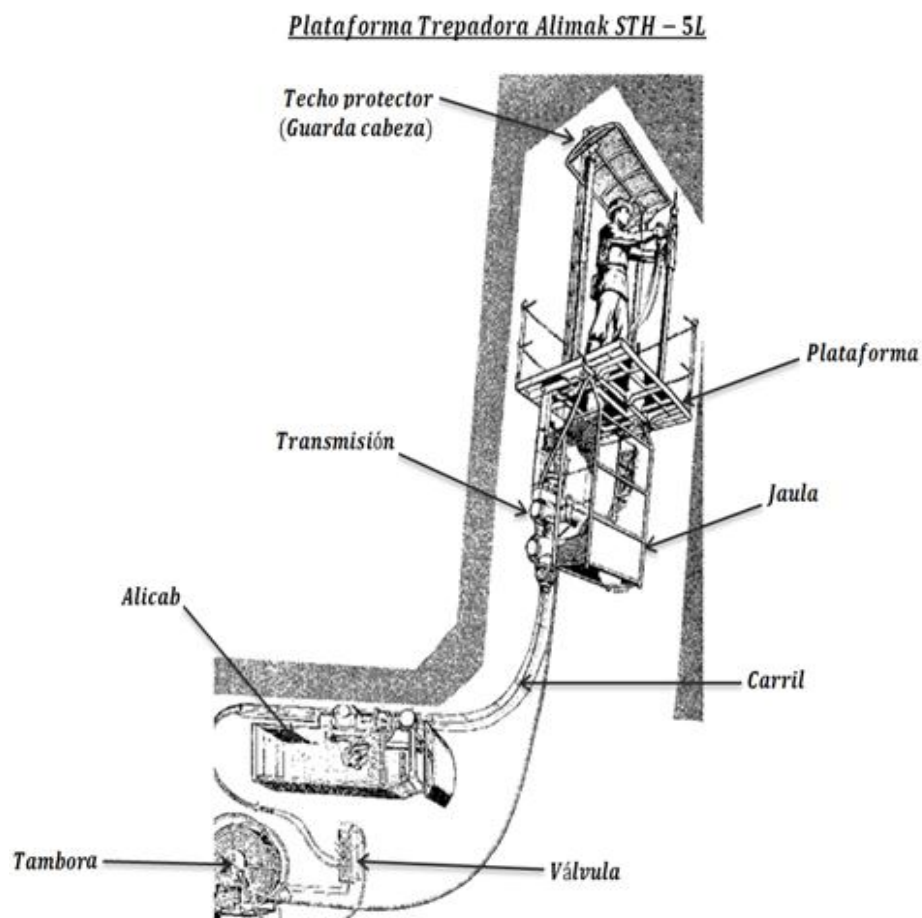


FIGURA N° 3.8.: Plataforma Trepadora Alimak STH – 5L

La elevación de la plataforma se realiza a través de un carril guía curvado empleando motores de aire comprimido, eléctricos o diesel. La fijación del carril a la roca se lleva a cabo con pernos de anclaje, y tanto las tuberías de aire como de agua necesarias para la perforación, ventilación y el riego se sitúan en el lado interno del carril guía para su protección.

Actualmente se ha convertido en uno de los equipos más utilizados del mundo, sobre todo en aquellos casos donde no existe ningún nivel de acceso superior y tiene diferentes aplicaciones.

Para la construcción y de acuerdo a las características de la chimenea Alimak 081, se ha determinado utilizar Alimak con plataforma y propulsión eléctrica, modelo STH-5E. Este modelo consta de dos unidades propulsoras con un motor eléctrico cada una. La trepadora descenderá por gravedad. Las características de este modelo son:

**TABLA N° 3.4. : Características Plataforma Trepadora Eléctrica Alimak
Modelo STH – 5E**

STH - 5E	
1. Área aproximada de chimenea vertical	7 m ²
2. Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	10 m ²
3. Altura máxima de excavación	400 m
4. Longitud máxima de excavación	900 m
5. Velocidad ascendente a 50 ciclos	0.3 m/s (18 m/min)
6. Velocidad ascendente a 60 ciclos	0.36 m/s (21.6 m/min)
7. Velocidad de descenso por gravedad	0.4 - 0.5 m/s (25 - 30 m/min)
8. Capacidad del motor	7.5 kw
9. Cable eléctrico especial	3 x 10 + 3 x 1.5 + 2

3.3.4. ANÁLISIS GEOMECÁNICO DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO DE LA CHIMENEA ALIMAK

La caracterización de la masa rocosa del tramo longitudinal del proyecto de la chimenea Alimak 081, se realizó en base a las informaciones geológicas y geotécnicas existentes de las rocas expuestas del nivel 4238.41 al nivel 4590.41 (superficie).

Los parámetros tomados en cuenta fueron:

- Calidad de la roca por método GSI
- Principales sistemas de discontinuidades
- Orientación de las discontinuidades con respecto al eje de la chimenea Alimak 081

Por otro lado, durante el proceso constructivo de la chimenea alimak 081, necesariamente se tiene que hacer la evaluación geomecánica de toda la columna de la chimenea, con la finalidad de evaluar el tipo de sostenimiento y la estabilidad de la labor.

La ejecución de la chimenea está programada por tramos I, II y III, ver el cuadro siguiente:

TABLA N° 3.5.: Programa de ejecución de la Chimenea Alimak 081

Tramo	Equivalente Tramo	Sección (m)	Longitud (m)
I	0 - 100	3.0 x 3.0	100
II	101 - 200	3.0 x 3.0	100
III	201 - 350	3.0 x 3.0	150
Longitud Total			352

Caracterización Geomecánica de la Chimenea Alimak 081

La labor indicada se encuentra emplazada en un macizo rocoso, definida por 1 plano de falla N070°/75N y 1 sistema de discontinuidad principal (N256°/72°N). Cabe indicar que dicha falla presenta una potencia de 10 cm con presencia de panizo y filtración de agua, debido a los humedales que se encuentran en superficie. Asimismo dicha familia principal de discontinuidad en conjunto con la falla, llegan a formar bloques inestables hacia la caja piso, con superficies ligeramente rugosas. La roca presente en la zona de estudio es una brecha andesítica (gris) con una resistencia a la compresión simple de 50 – 100 MPa (se rompe con más de un golpe de picota). Por las características descritas, el macizo rocoso se clasifica según el índice GSI como un terreno MF/R (muy fracturado/regular) con un RMR de 47 – 49.

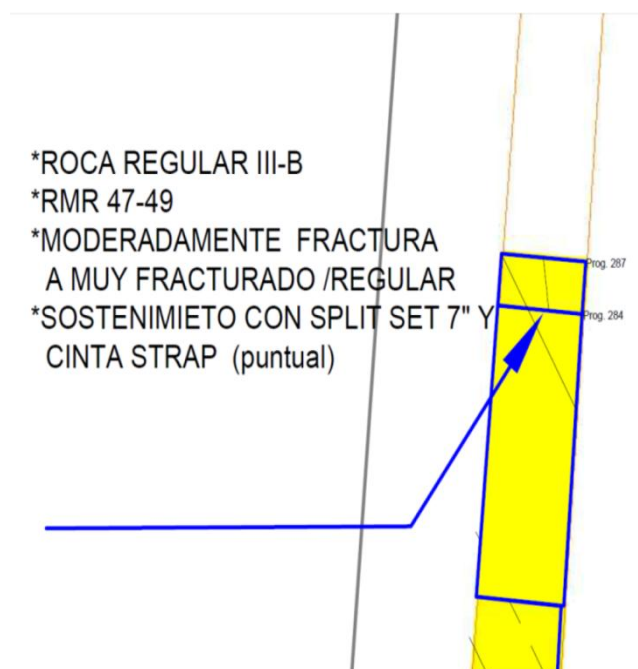


FIGURA N° 3.9.: Plano geomecánico de la zona de estudio

(Prog. 284 -287)

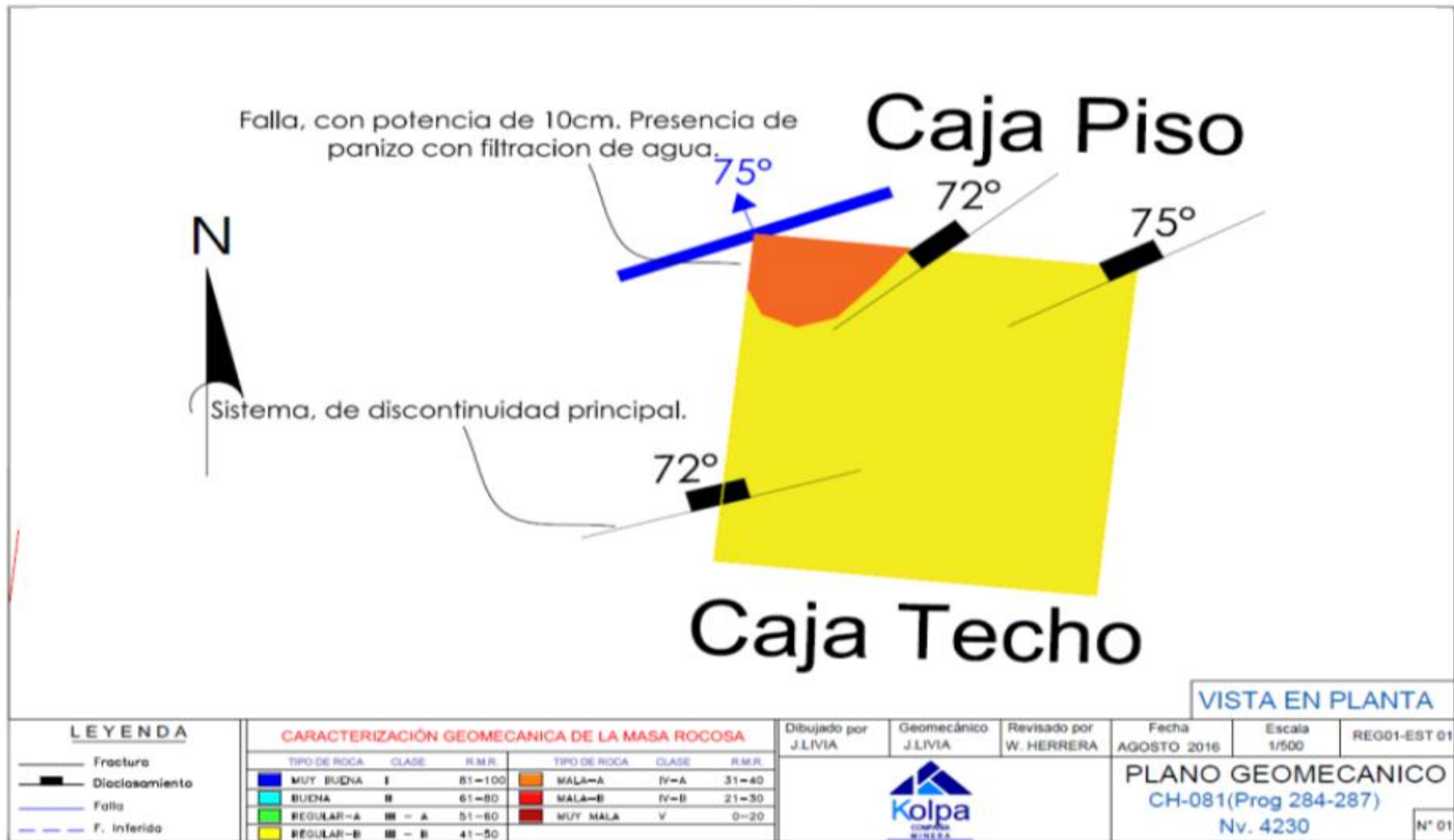


FIGURA N° 3.10.: Plano Geomecánico CH - 081 (Vista en planta)

TABLA N° 3.6.: Calidad del Macizo Rocoso

NIVEL	LABOR	FECHA	PROGRESIVA	LITOLOGÍA	PUNTO DE MAPEO	CONDICIONES DE DISCONTINUIDADES										RMR Básico	RMR Ajustado																	
						Resistencia a la Compresión	RQD	Espaciamiento entre Discontinuidades	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subterránea	Orientación Discontinuidades																			
																		1. > 250 MPa	1. 90 - 100% Muy Buena	1. > 2 mm	1. < 1 m.	1. Cerrada	1. Limpio	1. Sana										
																		2. 100 - 250 MPa	2. 75 - 90% Buena	2. 0.6 - 2 mm	2. 1 - 3 m.	2. Muy angosta < 0.1 mm	2. Duro < 5 mm	2. Ligeramente Alterada										
15	12	4	7	0	20	17	13	8	5	6	4	4	2	2	1	1	0	6	5	3	2	0	15	10	7	4	0	0	-2	-5	-10	-12		
4230	CH 081	26/07/2016	284	Brecha Andesítica	Caja Piso	9	11	5	4	5	3	1	5	10	-5	53	48																	
4230	CH 081	27/07/2016	286	Brecha Andesítica	Corona	9	11	5	4	5	4	1	5	10	-5	54	49																	

Se observa en la tabla, que la calidad del macizo rocoso es *regular*, es decir, el grado de fracturamiento, es de 25 – 50 %. Asimismo, el valor de resistencia de la matriz rocosa es de 50 – 100 MPa. Por las características descritas, el macizo rocoso se clasifica según el GSI como un terreno MF/R con un RMR de 47 – 49 (III-B).

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

También denominado estabilidad controlada por las estructuras (planos de debilidad), viene dado por el comportamiento de la masa rocosa condicionada por su arreglo estructural.

La herramienta de cálculo para este tipo de análisis de estabilidad estructuralmente controlada, es el programa de computo UNWEDGE Versión 3.004 de Rocscience Inc. (2004). Mediante esta evaluación, se tiene una apreciación detallada de la forma y dimensiones de las cuñas con posibilidades de generar inestabilidad y con qué elementos de sostenimiento se puede llegar a la estabilización.

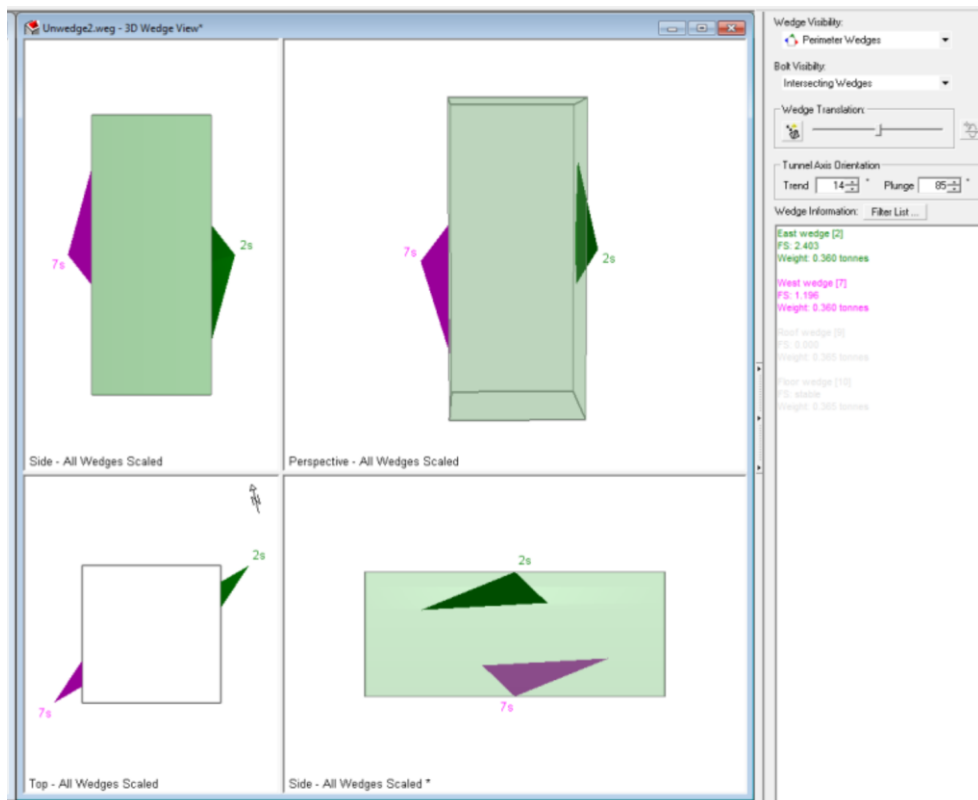
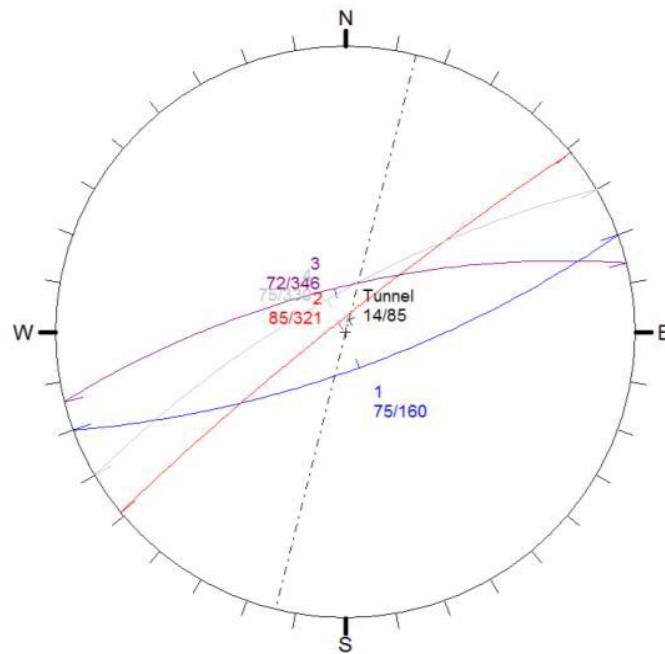


FIGURA N° 3.11.: Generación de pequeñas cuñas por efecto de la configuración de discontinuidades presentes en el macizo rocoso de la CH

3.3.5. EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN

La evaluación del proceso constructivo de la chimenea alimak 081, refiere fundamentalmente evaluar lo siguiente:

1. Los lugares de acceso para el traslado del equipo, deben tener el mínimo riesgo de interferencia con la producción actual.
2. En la fase de preparación de labores y en el proceso constructivo, no debe interferir con el esquema actual de la producción de la mina; de preferencia mantener en forma independiente todos los procesos de la mina.
3. Menor tiempo posible de construcción.

Bajo estas consideraciones, la Empresa Contratista Teincomin S.A.C. debe garantizar la disponibilidad operativa del alimak, porque la necesidad de disponer de esta chimenea en el más breve plazo es de suma urgencia por el problema de ventilación de la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230.

Se ha determinado trabajar en dos guardia, de manera que se ha programado la construcción de la chimenea y sus accesos tal como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA N° 3.7.: Cronograma de ejecución de la Chimenea Alimak 081

Labor	Sección (m)	Longitud (m)	MAR - 2016	ABR - 2016	MAY - 2016	JUN - 2016	JUL - 2016
CX 077 N	4.0 x 4.0	39	39	-----	-----	-----	-----
BP RC 081	3.0 x 3.0	31	31	-----	-----	-----	-----
CH RC 081	3.0 x 3.0	352	32	80	80	80	80
Longitud Total		422	102	80	80	80	80

El avance promedio es de 1.33 m/guardia, siendo el avance por día de 2.66 m/día, acumulando un avance total 80 m/mes. Las horas netas de operación del alimak por guardia son de 3.5 horas y 7 horas/día.

Con esta información, el tiempo de ejecución de la chimenea alimak 081 es:

$$\frac{422 \text{ m}}{2.66 \text{ m}} = 158.65 \text{ días} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = 5.29 \text{ meses} \approx 6 \text{ meses}$$

La construcción de esta chimenea se inició en el mes de marzo del 2016 y se concluyó en agosto del 2016.

Una vez concluida la construcción de la Chimenea Alimak 081, se procedió a instalar en paralelo los dos ventiladores de 100,000 cfm.

La chimenea alimak 081 entró en funcionamiento normal en el mes de setiembre 2016.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

4.1. COSTO DE PRODUCCIÓN

El costo de producción para una producción de 36,000 TM por mes, se estima en el siguiente monto:

TABLA N° 4.1.: Costo de Producción de la Unidad Minera Huachocolpa Uno

<u>COSTO MINA</u>			US \$	\$/TM
Gestión Geológica	Exploración	419,960.00	419,960.00	11.67
Minado	Desarrollo	223,777.00	1,370,217.00	38.06
	Preparación	31,484.00		
	Explotación	419,022.00		
	Servicios Auxiliares	459,735.00		
	Relleno Hidráulico	46,199.00		
	Depreciación	190,000.00		
Servicios Generales	Servicios Generales	715,220.00	715,220.00	19.87
TOTAL COSTO MINA			2,505,397.00	69.59
<u>COSTO PLANTA</u>			US \$	\$/TM
Planta Concentradora	Operación Planta	429,831.00	609,294.00	16.92
	Relavera	29,463.00		
	Depreciación	150,000.00		
TOTAL COSTO PLANTA			609,294.00	16.92
			US \$	\$/TM
COSTO DE PRODUCCIÓN			3'114,691.00	86.52

4.2. VALOR DE LAS RESERVAS

La empresa tomando en cuenta la calidad de los concentrados de mineral y condiciones de pago, ha establecido la siguiente fórmula para la valorización de su mineral de cabeza:

- **VALORIZACIÓN DE LOS CONCENTRADOS DE PLOMO**

TABLA N° 4.2.: Valorización de los concentrados de plomo

CONCENTRADO DE PLOMO				
MINERAL	COTIZACIÓN (\$/Lb)	LEY CONCENTRADO	RECUPERACIÓN	PRECIO CONCENTRADO (\$/TM)
PLATA	16.435	23.30%	53.48%	4,514.89
PLOMO	1.166	67.74%	87.22%	1,518.76
TOTAL				6,033.65

- **VALORIZACIÓN DE LOS CONCENTRADOS DE ZINC**

TABLA N° 4.3.: Valorización del concentrado de zinc

CONCENTRADO DE ZINC				
MINERAL	COTIZACIÓN (\$/Lb)	LEY CONCENTRADO	RECUPERACIÓN	PRECIO CONCENTRADO (\$/TM)
ZINC	1.161	54.98%	83.51%	1,175.18
TOTAL				1,175.18

- **VALORIZACIÓN DE LOS CONCENTRADOS DE COBRE**

TABLA N° 4.4.: Valorización de los concentrados de cobre

CONCENTRADO DE COBRE				
MINERAL	COTIZACIÓN (\$/Lb)	LEY CONCENTRADO	RECUPERACIÓN	PRECIO CONCENTRADO (\$/TM)
PLATA	16.435	63.97%	31.10%	7,208.36
COBRE	3.176	20.69%	51.34%	743.75
TOTAL				7,952.11

VALOR DEL MINERAL DE CABEZA

- **CONCENTRADO DE PLOMO** (Valor Bruto = 6,033.65 \$/TMS)

Deducciones y Penalidades	
Maquila (5%)	301.68
Merma (3.5%)	211.18
Flete marítimo y seguros (3%)	181.01
Total deducciones	<u>693.87</u>
Valor neto concentrado (US\$/TM)	5339.78
Ratio de concentración	28.02
Valor del mineral de cabeza (US\$/TM)	190.57

- **CONCENTRADO DE ZINC** (Valor Bruto = 1,175.18 \$/TMS)

Deducciones y Penalidades	
Maquila (5%)	58.76
Merma (3.5%)	41.13
Flete marítimo y seguros (3%)	35.26
Total deducciones	<u>135.15</u>
Valor neto concentrado (US\$/TM)	1040.03
Ratio de concentración	20.72
Valor del mineral de cabeza (US\$/TM)	50.19

- **CONCENTRADO DE COBRE** (Valor Bruto = 7,952.11 \$/TMS)

Deducciones y Penalidades

Maquila (5%)	397.61
Merma (3.5%)	278.32
Flete marítimo y seguros (3%)	238.56
Total deducciones	914.49
Valor neto concentrado (US\$/TM)	7037.62
Ratio de concentración	112.59
Valor del mineral de cabeza (US\$/TM)	62.51

TABLA N° 4.5.: Valor del mineral de cabeza

Mineral	Toneladas Mineral Tratado (TMS)	Toneladas de Concentrado (TMS)	Ratio de Concentración	Precio Mineral de Cabeza (\$/TM)	Total Precio Mineral de Cabeza (\$/TM)
Plomo	432,000	15,415	28.02	190.57	303.27
Zinc		20,854	20.72	50.19	
Cobre		3,837	112.59	62.51	

4.3. VALOR DE LA PRODUCCIÓN

Producción diaria = 1,200 TM

Producción mensual = 1,200 TM x 30 días = 36,000 TM

Producción anual = 36,000 TM x 12 meses = 432,000 TM

Valor producción = 432,000 TM x 303.27 \$/TM = \$131'012,640

4.4. VIDA DE LA MINA

Para un ritmo de producción de 432,000 TM anuales y teniendo reservas de 1'825,383 TMS, la vida de la mina resulta:

$$Vida\ de\ la\ Mina = \frac{1'825,383\ TM}{432,000\ TM/año}$$

$$Vida\ de\ la\ Mina = 4.23\ años$$

4.5. INVERSIÓN

La construcción de la Chimenea Alimak 081, se ha concebido para trabajar mediante el servicio de un tercero, para lo cual se ha contratado a la Empresa Teincomin S.A.C. con toda la maquinaria necesaria, por lo que *no se considera el rubro de inversión y financiamiento (costos de inversión)* para la construcción de la chimenea, sino solamente los *costos de producción* que deben ser recuperados, una vez el funcionamiento de la chimenea.

4.5.1. COSTO PROYECTADO DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

Para determinar los costos correspondientes, se han analizado los *costos unitarios de la construcción de la chimenea con alimak*, considerando los rubros pertinentes que se indican en la tabla N° 4.6.

TABLA N° 4.6.: Costo Proyectado de la Chimenea Alimak 081

TIPO DE OBRA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	CANTIDAD	P.U. (\$)	TOTAL (US\$)
OBRAS CIVILES	Infraestructura para subestacion y plataforma de ventiladores.	1	21,693.65	21,693.65
ELÉCTRICA	Subestación eléctrica, cables, transformadores, etc.	1	68,317.49	68,317.49
MINERÍA	Construcción Cx 077 N	39 m	406.84	15,866.76
	Construcción BP RC 081	31 m	312.28	9,680.68
	Construcción CH RC 081	352 m	1,076.39	378,889.28
	Trabajos adicionales	1	39,020.31	39,020.31
VENTILACIÓN	Compra de ventiladores	2	184,000.00	368,000.00
TOTAL GENERAL (\$)				901,468.17

El costo total del proyecto de la chimenea alimak 081 de 422 m de longitud asciende a \$ 901,468.17 y representa un costo lineal de 2136.18 \$/m.

4.5.2. CRONOGRAMA DE LA INVERSIÓN

La implementación del proyecto de ejecución de la chimenea alimak se estima en un tiempo de 06 meses, conforme se detalla en la tabla N° 3.7.

4.5.3. FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN

El capital requerido para la ejecución del proyecto de la construcción de la chimenea alimak 081 es de \$ 901,468.17 será financiado por la banca comercial con garantía de activos que la Empresa posee, de acuerdo a las condiciones siguientes:

- Préstamo = \$ 901,468.17
- Tasa de interés (i) = 14% anual = $\frac{14}{12} = 1.17\%$ mensual
- Tiempo de amortización (n) = 6 meses
- Cuotas mensuales iguales:

$$C = \frac{i \times P}{1 - \left(\frac{1}{1+i}\right)^n}$$

Donde:

C : Cuota mensual que se debe pagar

I : Tasa de interés (%)

P : Monto del préstamo

n : Número de meses a los que se debe pagar el préstamo

$$C = \frac{0.0117 \times 901,468.17}{1 - \left(\frac{1}{1+0.0117}\right)^6}$$

$$C = 156456.8491 \$$$

TABLA N° 4.7.: Cuadro de Amortizaciones

MES	SALDO INICIAL	AMORTIZACIÓN	INTERÉS	CUOTA MENSUAL	SALDO FINAL
			1.17%		
1	901,468.17	145909.6715	10547.17759	156456.8491	755,558.50
2	755558.4985	147616.8147	8840.034432	156456.8491	607941.6838
3	607941.6838	149343.9314	7112.917701	156456.8491	458597.7524
4	458597.7524	151091.2554	5365.593703	156456.8491	307506.497
5	307506.497	152859.0231	3597.826015	156456.8491	154647.4739
6	154647.4739	154647.4737	1809.375445	156456.8491	0.00028567
		901468.1697	37272.92489	938741.0946	

4.6. EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA

4.6.1. ESTADOS FINANCIEROS

Para poder determinar los ingresos y egresos, como también la disponibilidad de recursos económicos que el proyecto generará durante la explotación; se ha elaborado el cuadro de Estado de Pérdidas y Ganancias y el cuadro de flujo de fondos, que se muestra a continuación:

TABLA N° 4.8.: Estado de Pérdidas y Ganancias

DATOS OPERATIVOS	0	1	2	3	4	5	6
Programa de prod. (TMD)		1200	1200	1200	1200	1200	1200
Días operación al mes		30	30	30	30	30	30
Costos de prod. (\$/TM)		86.52	86.52	86.52	86.52	86.52	86.52
Ingresos por ventas (\$/mes)		10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720
Costos tot. de prod. (\$/mes)		3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720
<u>ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS</u>							
Venta de minerales		10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720
(-) Costo de Producción		3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720
Utilidad Bruta		7'803,000	7'803,000	7'803,000	7'803,000	7'803,000	7'803,000
(-) Gastos Operativos		2'500,000	2'500,000	2'500,000	2'500,000	2'500,000	2'500,000
Utilidad Operativa		5'303,000	5'303,000	5'303,000	5'303,000	5'303,000	5'303,000
(-) Gastos Financieros		416,666.67	416,666.7	416,666.7	416,666.7	416,666.7	416,666.7
UAI (Utilidad antes del I.R. y participación)		4'886,333	4'886,333	4'886,333	4'886,333	4'886,333	4'886,333
(-) Participación Trabajadores		390,907	390,907	390,907	390,907	390,907	390,907
(-) Impuesto Renta (I.R.)		1'368,173	1'368,173	1'368,173	1'368,173	1'368,173	1'368,173
Utilidad Neta		3'127,253	3'127,253	3'127,253	3'127,253	3'127,253	3'127,253

TABLA N° 4.9.: Flujo de Caja

<u>FLUJO DE CAJA</u>	0	1	2	3	4	5	6
INGRESOS							
Venta de minerales		10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720
Total Ingresos		10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720	10'917,720
EGRESOS							
Inversiones	938,741.09						
Costos de Producción		3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720	3'114,720
Gastos Operativos		2'500,000	2'500,000	2'500,000	2'500,000	2'500,000	2'500,000
Gastos Financieros		416,666.67	416,666.7	416,666.7	416,666.7	416,666.7	416,666.7
Participación Trabajadores		390,907	390,907	390,907	390,907	390,907	390,907
Impuesto Renta		1'368,173	1'368,173	1'368,173	1'368,173	1'368,173	1'368,173
Total Egresos	938,741.09	7'790,467	7'790,467	7'790,467	7'790,467	7'790,467	7'790,467
Ingresos - Egresos	-938,741.1	3'127,253	3'127,253	3'127,253	3'127,253	3'127,253	3'127,253

4.6.2. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuanto se va a ganar o perder con esa inversión. Para este análisis se ha considerado una tasa de actualización (i) del 30%, que incluye la tasa de interés, utilidad y factor de riesgo.

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_o + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

F_t : Flujos de dinero en cada periodo t

I_o : Inversión realizada en el momento inicial (t = 0)

n : Número de periodos de tiempo

k : Tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

TABLA N° 4.10.: Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

MES	FLUJO	FACTOR DE ACTUALIZACIÓN	FLUJO ACTUALIZADO
		$F = \frac{1}{(1+i)^n}$	
0	938,741.0946	1.00000	938,741.095
1	3'127,253	0.76923	2'405,576.83
2	3'127,253	0.59172	1'850,458.15
3	3'127,253	0.45517	1'423,431.75
4	3'127,253	0.35013	1'094,945.09
5	3'127,253	0.26933	842,263.05
6	3'127,253	0.20718	647,904.277
VAN (\$)			7'325,838.04

4.6.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es aquella tasa de descuento con la que el Valor Actual Neto (VAN) es igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

$$TIR = i + (i' - i) \frac{VAN(i\%)}{VAN(i\%) - VAN(i'\%)}$$

$$TIR = 14 + (30 - 14) \frac{VAN(14\%)}{VAN(14\%) - VAN(30\%)}$$

$$TIR = 14 + 16 \left(\frac{11222107}{11222107 - 7325838.04} \right)$$

$$TIR = 60\%$$

4.6.4. PERIODO DE RECUPERACION (PAYBACK)

En todo proyecto en el cual se espera la característica de “Rentable”, se tiene como premisa la recuperación de la inversión, entonces, el tiempo que se demore en recuperar el dinero invertido o “Periodo de Payback” se vuelve muy importante, ya que de esto dependerá cuán rentable es y qué tan riesgoso será llevarlo a cabo. Cuanto más corto sea el periodo de recuperación, menos riesgoso será el proyecto.

$$PRC = \frac{I_0}{F}$$

Donde:

PRI : Periodo de Recuperacion de la Inversión

lo : Inversión Inicial

F : Valor de los flujos de caja

$$PRI = \frac{938,741.095}{3'127,253} = 0.30 < 1 \text{ mes}$$

Entonces, se recupera la inversión en menos de un mes.

4.6.5. RELACION BENEFICIO – COSTO (B/C)

La relación beneficio/costo es un indicador que resulta dividiendo los beneficios actualizados entre los costos actualizados del proyecto.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum B}{Costo}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{8'264,579.147}{938,741.0946}$$

$$\frac{B}{C} = 8.8 > 1$$

Por ser mayor que 1, entonces es “rentable”.

4.7. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PRESUPUESTO PROYECTADO Y LOS COSTOS EJECUTADOS

Estimar los costos y preparar el presupuesto del proyecto, son dos de las actividades más delicadas e importantes que debemos emprender a la hora de planificar nuestra acción, y la razón es muy sencilla, si no estamos en la capacidad de realizar cálculos muy cercanos a la realidad, terminaremos tomando dos decisiones equivocadas.

- Solicitar fondos en demasía que afectarán nuestro análisis de rentabilidad al sobrestimar los costos del proyecto.
- Solicitar fondos en déficit de la suma necesaria, nos conduciría a paralizar la ejecución de la obra sin poder completar las actividades que restan.

Para realizar el presupuesto cercano a la realidad (90%), se requiere tener experiencias en proyectos similares, preguntar a los expertos, conocer en detalle la estructura desagregada de trabajo del proyecto y saber qué insumos se utilizarán y cuánto cuesta cada una de las actividades, a fin de que podamos asignar recursos, duración, costo y responsables a cada una de las partes.

Para el caso de nuestro proyecto, el presupuesto ejecutado representa una diferencia de 8.78% (\$16,785.26) más del presupuesto programado, tal como se muestra en la siguiente tabla N° 4.11..

TABLA N° 4.11.: Comparación entre Proyecto y Ejecutado

TIPO DE OBRA	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	COSTO EJECUTADO (\$)	COSTO PROYECTADO (\$)
OBRAS CIVILES	Infraestructura para subestacion y plataforma de ventiladores.	23,095.00	21,693.65
ELÉCTRICA	Subestación eléctrica, cables, transformadores, etc.	71,985.21	68,317.49
MINERÍA	Construcción Cx 077 N	15,866.76	15,866.76
	Construcción BP RC 081	9,680.68	9,680.68
	Construcción CH RC 081	378,889.28	378,889.28
	Trabajos adicionales	113,773.33	39,020.31
VENTILACIÓN	Compra de ventiladores	373,000.00	368,000.00
	Colocado de tapones	1,963.17	-----
TOTAL GENERAL		988,253.43	901,468.17
VARIACIÓN DEL PRESUPUESTO PROYECTADO Y EJECUTADO (\$)		86,785.26	

4.8. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

La optimización es la acción encaminada a buscar la mejor manera de realizar una actividad. Es mejorar el rendimiento de algo. Es el proceso de modificar un sistema para mejorar su eficiencia o también el uso de los recursos disponibles.

Bajo este enfoque, la optimización del sistema de ventilación de la zona de profundización de Rampa 1 nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno, consiste en minimizar la recirculación del aire viciado que existe en la mina.

Para lograr este objetivo se ha proyectado ejecutar la chimenea alimak 081 de 3.0 x 3.0 m de sección y de 352 m de longitud, empleando equipo alimak; esta chimenea está proyectada para que trabaje como extractor de aire viciado, instalando dos ventiladores paralelos de 100,000 cfm cada uno en superficie nivel 4590.41.

Como actividades complementarias de la optimización del sistema de ventilación, se han ejecutado también las siguientes actividades:

1) Ventiladores retirados:

- RP 140, Nv. 4230 : 01 ventilador de 30,000 cfm
- Cx 077, Nv. 4230 : 01 ventilador de 30,000 cfm
- BP 109, Nv. 4380 : 01 ventilador de 60,000 cfm
- Gal 767 E, Nv. 4230 : 02 ventiladores de 60,000 cfm
- Cx 346, Nv.4230 : 01 ventilador de 60,000 cfm
- Gal 990 W, Nv.4330 : 01 ventilador de 100,000 cfm

2) Tapones instalados:

TABLA N° 4.12.: Relación de tapones instalados

NIVEL	LABOR	CANTIDAD TAPONES
4230	Cx 767 S / Estación de bombeo/BP 767 W	10
	CH 811 / Estación de bombeo/Cx 767	
	CH 063 / CX 346	
	CX 346 / RP 063	
	CX 091 / BP 767	
	RP 140 / BP 767	
	CX 091 / GAL 767 E	
	CX 035 / GAL 767 E	
	CX 004 / GAL 767 E	
	CH 259	
4280	GAL 749 W / Polvorín Auxiliar Accesorios	11
	GAL 749 E / Polvorín Auxiliar Explosivos	
	CH 188	
	CH 055	
	CH 127	
	CH 763	
	CH 540 / TJ 767	
	CH 341	
	CH787	
	CH 708	
	CH 650	
4330	CX 292 W	3
	GAL 990	
	CH 334	
4380	BP 109 / GAL 093	1
4480	GAL 282 E	3
	CH 554	
	CX 103 SE	
4555	CH 355	1
TOTAL		29

Durante el planeamiento del proyecto de la chimenea alimak 081, se ha realizado la simulación y evaluación del sistema de ventilación para ir realizando todas las actividades complementarias mencionadas.

Una vez concluida la construcción de la Chimenea Alimak 081 y las actividades complementarias, nuevamente se realizó la medición del flujo de aire en todas las secciones de la mina. Las mediciones y evaluación del sistema de ventilación de la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230, son las siguientes:

TABLA N° 4.13.: Circuito de Ventilación de la zona de Profundización de Rampa 1 después de la chimenea alimak 081

TIPO CAUDAL	PUNTO MONITOREO	LABOR	CAUDAL (CFM)	CAUDAL TOTAL (CFM)
INGRESO	PM - 23	RP 1	153,245.88	189,223.76
	PM - 24	CX 103	35,977.88	
SALIDA	PM - 28	CX 930	14,044.64	198,746.42
	PM - 29	CX 805	8,308.34	
	PM - 37	CH 796	36,127.96	
	PM - 58	CH alimak 081	140,265.48	

Calculado la cobertura, tenemos:

Sabiendo que la necesidad de aire en la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230 es igual a:

Caudal Requerido (Q_r)

$$Q_r = 4412.91 \text{ m}^3/\text{min} = 155,840.40 \text{ cfm}$$

Determinación de la Cobertura (%)

La cobertura de aire limpio para la operación mina después de la chimenea alimak 081:

$$\text{Cobertura (\%)} = \frac{\text{Caudal de Ingreso } (Q_i)}{\text{Caudal Requerido } (Q_r)} \times 100$$

$$\text{Cobertura (\%)} = \frac{189,223.76}{155,840.40} \times 100$$

$$\text{Cobertura (\%)} = 121.42\% \approx 121\%$$

El resumen del balance de aire se muestra en el siguiente cuadro:

TABLA N° 4.14.: Balance General del aire de la zona de profundización de rampa 1

	ANTES	DESPUÉS
INGRESO DE AIRE LIMPIO (CFM)	110,948.33	189,223.76
SALIDA DE AIRE VICIADO (CFM)	116,533.32	198,746.42
NECESIDADES DE AIRE LIMPIO (CFM)	155,840.40	155,840.40
COBERTURA (%)	71	121

4.9. OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS

La optimización del sistema de ventilación de la Zona de Profundización de Rampa 1 del nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno, además significó el uso mínimo de recursos necesarios, que se expresa mediante las siguientes exigencias:

- Selección del acceso más fácil y conveniente para el traslado de equipo.
- Mínimo riesgo de interferencia con la producción durante la construcción.
- Menor tiempo posible en la construcción.
- Recuperación del capital invertido en el menor tiempo posible.
- Reducción de los costos de ventilación (costo de alquiler y mantenimiento de ventiladores y costo de energía). Ver tablas N° 4.15. y 4.16..

TABLA N° 4.15.: Costo de Ventilación antes de la chimenea alimak 081

COSTO DE VENTILACION (ANTES DE COMUNICAR LA CHIMENEA)														
Item	Codigo de Ventilador	Nivel	Ubicación	Caudal	Potencia Motor	Tipo	Factor de conversión HP-Kw	Clase	Consumo Real	Precio Unit. (0.1015 \$/Kw-Hr)	Costo de Energía			Costo de Alquiler y Mantenimiento
				(CFM)	(HP)				Kw		\$/Hr	\$/Dia	\$/Mes	\$/Mes
1	50 -1	4230	CX 882	20,000	50	Inyector	0.746	Auxiliar	29.84	0.1015	3.03	72.69	2,180.71	1,300.00
2	75 - 1	4230	CX 063	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
3	75 - 2	4230	BP 063 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
4	75 - 3	4230	BP 670	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
5	75 - 4	4230	RP 140	30,000	75	Extractor	0.746	Secundario	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
6	75 - 5	4230	CX 077	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
7	75 - 6	4230	BP 767 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
8	75 - 7	4230	BP 767 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
9	75 - 8	4230	BP 767 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00
10	150 - 1	4330	GAL 990 W	60,000	150	Extractor	0.746	Principal	89.52	0.1015	9.09	218.07	6,542.12	2,600.00
11	150 - 2	4380	BP 109	60,000	150	Extractor	0.746	Principal	89.52	0.1015	9.09	218.07	6,542.12	2,600.00
12	150 - 3	4230	CX 346	60,000	150	Extractor	0.746	Secundario	89.52	0.1015	9.09	218.07	6,542.12	2,600.00
13	150 - 4	4230	GAL 767 E	60,000	150	Extractor	0.746	Secundario	89.52	0.1015	9.09	218.07	6,542.12	2,600.00
14	150 - 5	4230	GAL 767 E	60,000	150	Extractor	0.746	Secundario	89.52	0.1015	9.09	218.07	6,542.12	2,600.00
15	250 - 1	4330	GAL 990 W	100,000	250	Extractor	0.746	Principal	149.20	0.1015	15.14	363.45	10,903.54	5,600.00
TOTAL											99.95	2,398.78	71,963.34	34,700.00
TOTAL GENERAL														106,663.34

N° Ventiladores	und	15
Costo de Energía	\$/mes	71,963.34
Costo de Alquiler y Mantenimiento	\$/mes	34,700.00
Costo Total de Ventilación	\$/mes	106,663.34

TABLA N° 4.16.: Costo de Ventilación después de la chimenea alimak 081

COSTO DE VENTILACION (DESPUES DE COMUNICAR LA CHIMENEA)															
Item	Codigo de Ventilador	Nivel	Ubicación	Caudal	Potencia Motor	Tipo	Factor de conversión HP-Kw	Clase	Consumo Real	Precio Unit.	Costo de Energía				Costo de Alquiler y Mantenimiento
				(CFM)	(HP)				Kw		(0.1015 \$/Kw-	\$/Hr	\$/Dia	\$/Mes	\$/Mes
1	50 -1	4230	CX 882	20,000	50	Inyector	0.746	Auxiliar	29.84	0.1015	3.03	72.69	2,180.71	1,300.00	
2	75 - 1	4230	BP 670	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00	
3	75 - 2	4230	CX 063	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00	
4	75 - 3	4230	BP 063 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00	
5	75 - 4	4230	BP 767 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00	
6	75 - 5	4230	BP 767 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00	
7	75 - 6	4230	BP 767 W	30,000	75	Inyector	0.746	Auxiliar	44.76	0.1015	4.54	109.04	3,271.06	1,850.00	
8	150 - 1	4330	GAL 990 W	60,000	150	Extractor	0.746	Principal	89.52	0.1015	9.09	218.07	6,542.12	2,600.00	
9	250 - 1	4518	SUPERFICIE	100,000	250	Extractor	0.746	Principal	149.20	0.1015	15.14	363.45	10,903.54	5,600.00	
10	250 - 2	4518	SUPERFICIE	100,000	250	Extractor	0.746	Principal	149.20	0.1015	15.14	363.45	10,903.54	5,600.00	
TOTAL											54.52	1,308.42	50,156.27	26,200.00	
TOTAL GENERAL													76,356.27		

N° Ventiladores	und	10
Costo de Energía	\$/mes	50,156.27
Costo de Alquiler y Mantenimiento	\$/mes	26,200.00
Costo Total de Ventilación	\$/mes	76,356.27

- La reducción de 5 (cinco) ventiladores proporcionan un ahorro en el costo de energía de 21807.07 \$/mes y 8500 \$/mes en el costo de alquiler y mantenimiento de ventiladores, haciendo un total de ahorro por mes de 30307.07 \$.

4.10. DISTRIBUCIÓN UNIFILAR DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ANTES Y DESPUES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA ALIMAK 081

La distribución unifilar del sistema de ventilación actual de la zona de profundización de rampa 1 del nivel 4230, antes y después de la Chimenea alimak 081, se muestra en el Anexo N° 2.

CONCLUSIONES

1. La cobertura inicial de aire fresco de la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230 antes de la ejecución de la chimenea tiene un déficit, siendo la cobertura de 71%, la cual ha sido optimizada mediante la construcción de la chimenea alimak 081 que sirve como extractor del aire viciado y cuya cobertura actual de aire fresco es de 121%.
2. El rendimiento del alimak, para las condiciones de la zona donde se ejecutó la chimenea fue de 1.33 m/guardia, siendo el avance por día de 2.66 m, acumulando un avance total de 80 m/mes, con esta información, el tiempo de ejecución de la chimenea alimak 081 fue de 6 meses.
3. El costo de la chimenea alimak 081 asciende a \$ 901,468.17, que representa 4.17 \$/TMS de mineral, para una producción de 36,000 TMS/mes y para 6 meses que dura la construcción de la chimenea.
4. El tiempo de recuperación del capital invertido en la construcción de la chimenea es aproximadamente de 1 meses, considerando un flujo de caja mensual de 6 meses que dura la construcción de la chimenea.
5. Antes de la chimenea alimak 081, se tenían trabajando en la zona de profundización de rampa 1 un total de 15 ventiladores, los cuales se redujeron con la construcción de la chimenea; la reducción de 5 ventiladores proporcionan un ahorro en el costo de energía de 21807.07 \$/mes y 8500 \$/mes en el costo de alquiler y mantenimiento de ventiladores, haciendo un total de ahorro por mes de \$ 30307.07.

RECOMENDACIONES

1. El sistema de ventilación de la zona de profundización de rampa 1 nivel 4230, requiere una permanente evaluación y control del flujo de aire, para evitar la recirculación a medida que se va profundizando.
2. Ahora que las labores se encuentra bien ventiladas gracias a la chimenea alimak 081, se recomienda continuar con el desarrollo de la RP 140 del nivel 4280, ya que por falta de ventilación se paralizó está labor.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] De la cuadra, L. (1974). Curso de Laboreo de Minas. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.
- [2] International Safety Training and Technology – ISTECS. Ventilación Elemental para minería. Compilado por: Jakes Lock. Copia: Marzo 1999
- [3] Soncco Soncco, Carmelo (2016). Diseño de un nuevo sistema de ventilación para la dilución de gases nocivos en la unidad Minera Untuca, Sandia – Puno. Tesis profesional.
- [4] Vejarano Sánchez, Angel (2000). Ventilación de Minas. Lima
- [5] Prado Hinojosa, Rayda (2012). Sistema de ventilación en la mina Yauliyacu mediante el proyecto alimak – Troncal IV. Tesis profesional.
- [6] Huamani Huaylla, Kiusa (2011). Análisis de inversión y construcción con el sistema Raise Climber o jaula trepadora alimak en la mina Raúl. Informe.
- [7] Hernández Sampieri, Roberto (2010). Metodología de la Investigación. Quinta Edición. Editorial Mc Graw Hill.

ANEXOS

ANEXO N° 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: PROYECTO DE LA CHIMENEA ALIMAK 081 PARA LA MEJORA DEL CIRCUITO DE VENTILACION DEL NIVEL 4230 DE LA UNIDAD MINERA HUACHOCOLPA UNO – CÍA. MINERA KOLPA S.A.

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>1. PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera el proyecto de la chimenea alimak 081 contribuye en la mejora del circuito de ventilación del nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A.?</p> <p>2. PROBLEMA ESPECÍFICO ¿Se reducen los costos de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A. con la ejecución de la chimenea alimak 081?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL Mejorar el circuito de ventilación del nivel 4230 mediante el proyecto de la chimenea alimak 081 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A.</p> <p>2. OBJETIVO ESPECÍFICO Reducir los costos de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera kolpa S.A. mediante la ejecución de la chimenea alimak 081.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilador (principal, secundario y auxiliar) • Requerimiento de aire • Balance de aire (cobertura) • Diseño de la chimenea alimak • Determinación del diámetro optimo • Análisis geomecánico y estructural de la chimenea • Costos de ventilación (costo de energía y costo de alquiler y mantenimiento de ventiladores) • Evaluación económica y financiera • Recuperación del capital invertido 	<p>1. HIPOTESIS GENERAL Al término de la ejecución de la chimenea alimak 081, incrementará el caudal de aire dando una cobertura superior al 100%, mejorando de esta manera el circuito de ventilación de la zona de profundización del nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A..</p> <p>2. HIPOTESIS ESPECIFICA La ejecución de la chimenea alimak 081 influye en la reducción de los costos de ventilación de la Unidad Minera Huachocolpa Uno de la Compañía Minera Kolpa S.A..</p>	<p>1. VARIABLE INDEPENDIENTE Chimenea Alimak 081</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ejecución de la chimenea alimak • Sección de la chimenea alimak 081 <p>2. VARIABLE DEPENDIENTE Mejora del circuito de ventilación del nivel 4230 de la Unidad Minera Huachocolpa Uno – Compañía Minera Kolpa S.A.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costo de ventilación (\$/TM) • Circuito de ventilación (cfm) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tipo de investigación <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada 2. Nivel de investigación <ul style="list-style-type: none"> • Descriptivo 3. Método <ul style="list-style-type: none"> • Analítico 4. Diseño <ul style="list-style-type: none"> • No Experimental - Transversal 5. Población <ul style="list-style-type: none"> • Zona de profundización de Rampa 1 – nivel 4230 6. Muestra <ul style="list-style-type: none"> • Chimenea alimak 081 7. Instrumentos <ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento de ventilación • Requerimiento de aire • Balance de aire

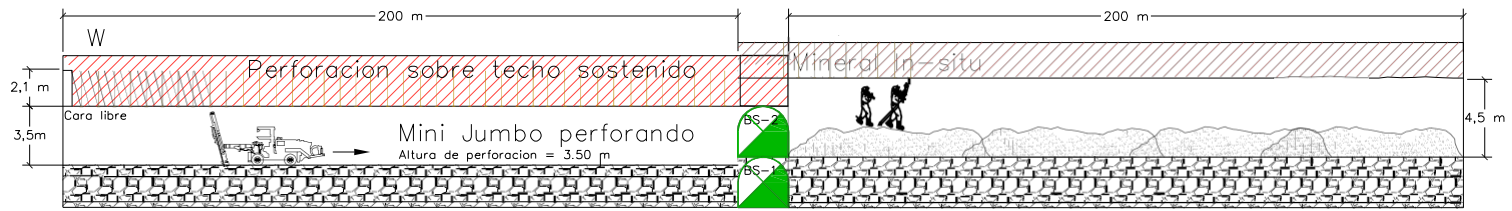
ANEXO N° 2

PLANOS

Inicio del Nuevo Corte

1.-Perforación en realce con Mini Jumbo

4.-Desatado y sostenimiento con split set 7' (2.1m)

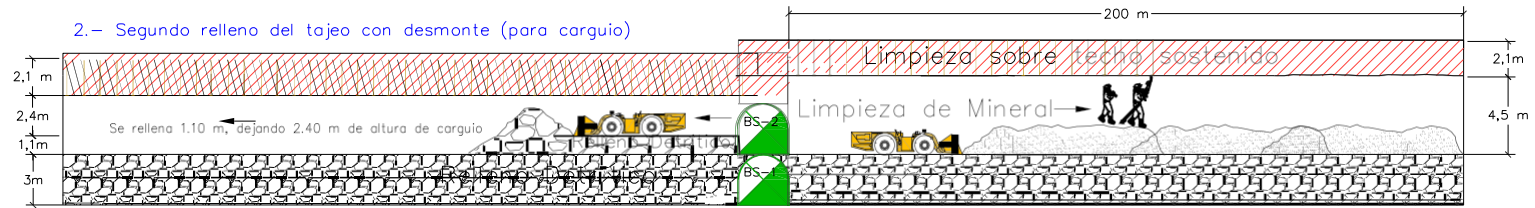


A.-Perforación

VARIABLE	UNID	CANTIDAD	OBSERVACION
Personal por Turno	c/u	3	1 operador scoop, 1 operador Mini Jumbo.
Taladros por Corte	c/u	937	Ancho de veta: 1.50 m.
Longitud de Taladro	pies	8'	Brocas de 38 mm.
Explosivos por Taladro	kg	1.2	Anfo + Emulsion (cebo).
Tiempo Neto de Perforación	min/tal	4.00	

2.- Segundo relleno del tajeo con desmonte (para carguio)

5.-Sostenimiento y limpieza de mineral fragmentado (inicio)

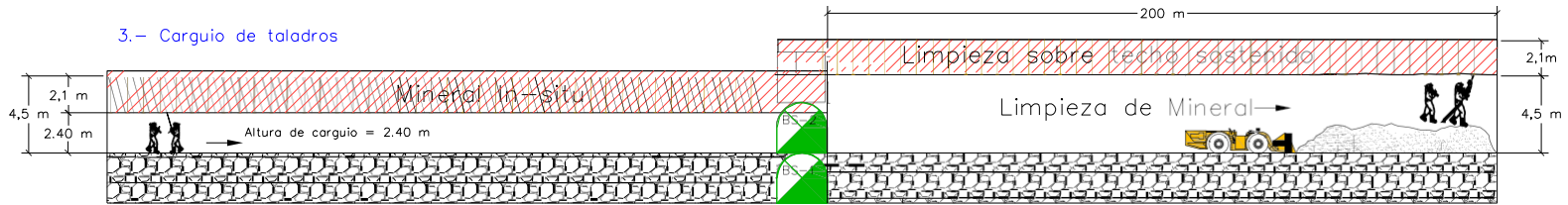


B.-Relleno

VARIABLE	UNID	CANTIDAD	OBSERVACION
Volumen Total (corte 2.2m)	m3	2244	Detritico.
Personal	c/u	1.5	1 Operador de Scoop.
Tiempo	m3/hr	19.28	Factor de Compactación: 70%.

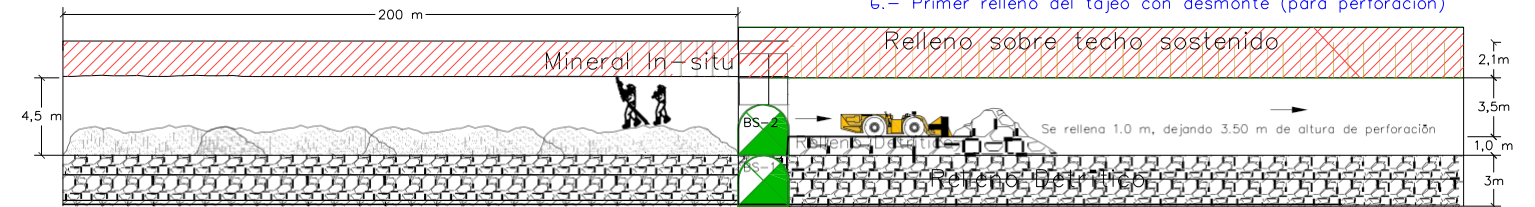
3.- Carguio de taladros

5.-Sostenimiento y limpieza de mineral fragmentado (termino)



4.-Desatado y sostenimiento con split set 7' (2.1m)

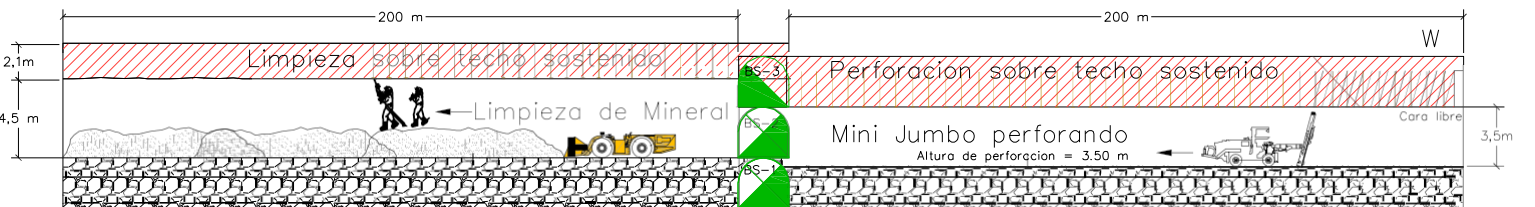
6.- Primer relleno del tajeo con desmonte (para perforación)



5.-Sostenimiento y limpieza de mineral fragmentado (inicio)

Inicio del Nuevo Corte

1.-Perforación en realce con Mini Jumbo

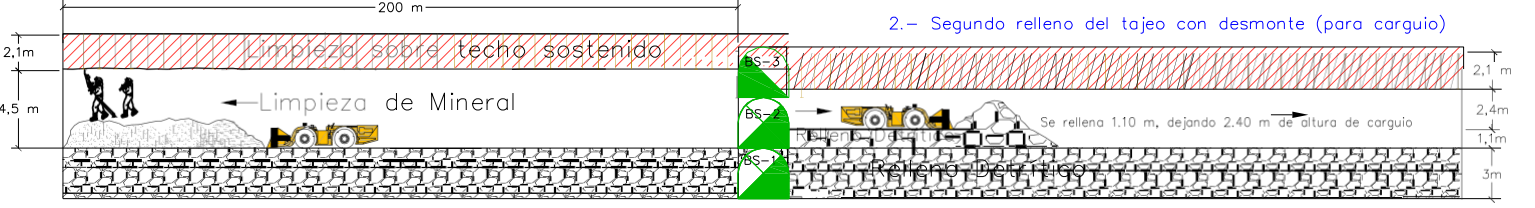


C.-Acarreo

VARIABLE	UNID	CANTIDAD	OBSERVACION
Scoop	c/u	1	De 1.50 a 2.50 yd3.
Personal	c/u	1	Operador.
Mineral Roto	TMS	4.37	Unidad: ton/taladro.
Mineral Roto	TMS	4092	Tonelaje por corte.

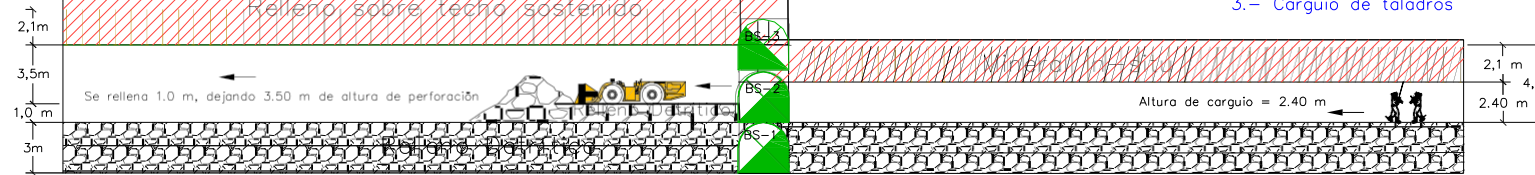
5.-Sostenimiento y limpieza de mineral fragmentado (termino)

2.- Segundo relleno del tajeo con desmonte (para carguio)



6.- Primer relleno del tajeo con desmonte (para perforación)

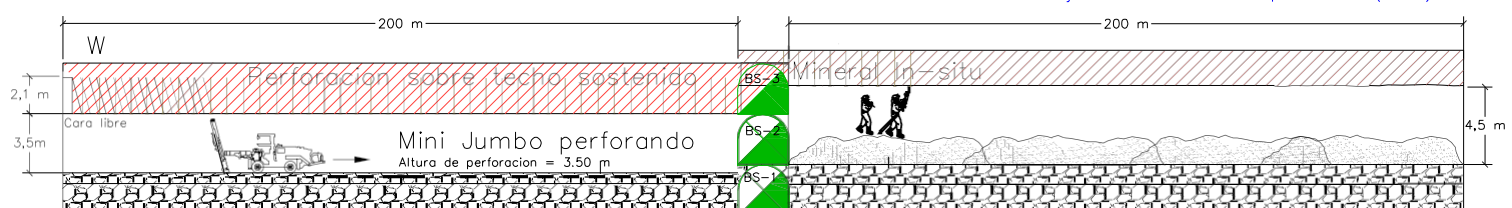
3.- Carguio de taladros



Inicio del Nuevo Corte

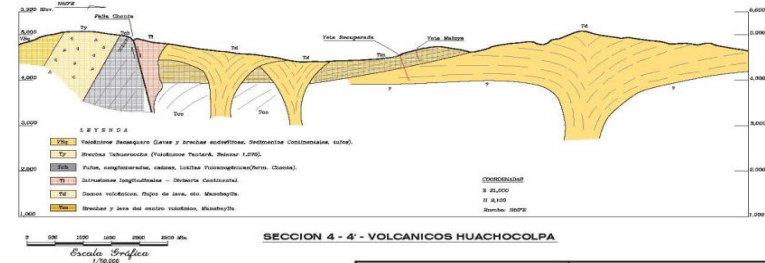
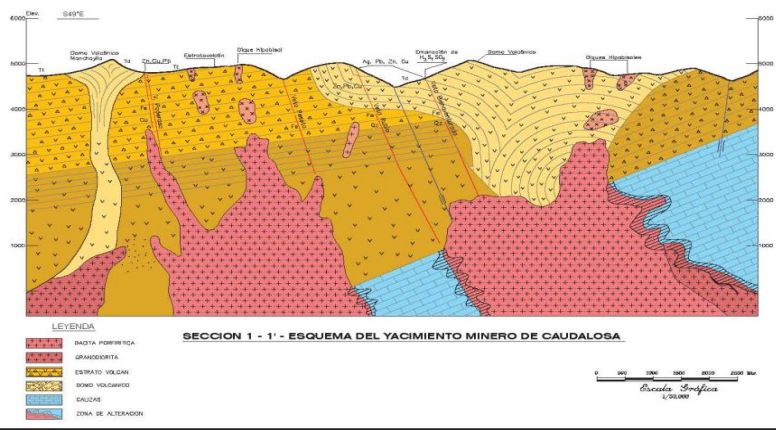
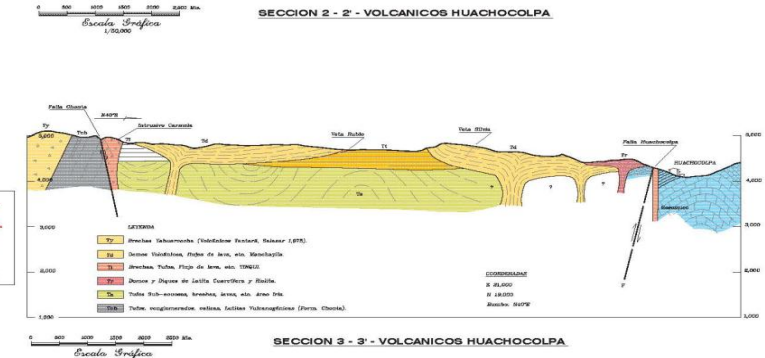
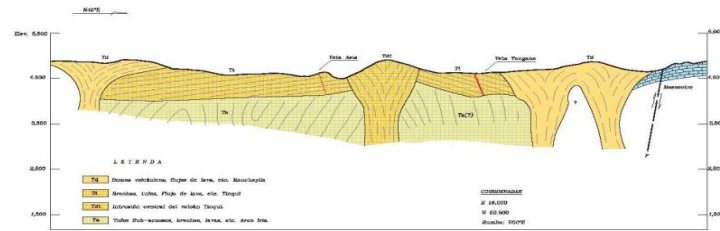
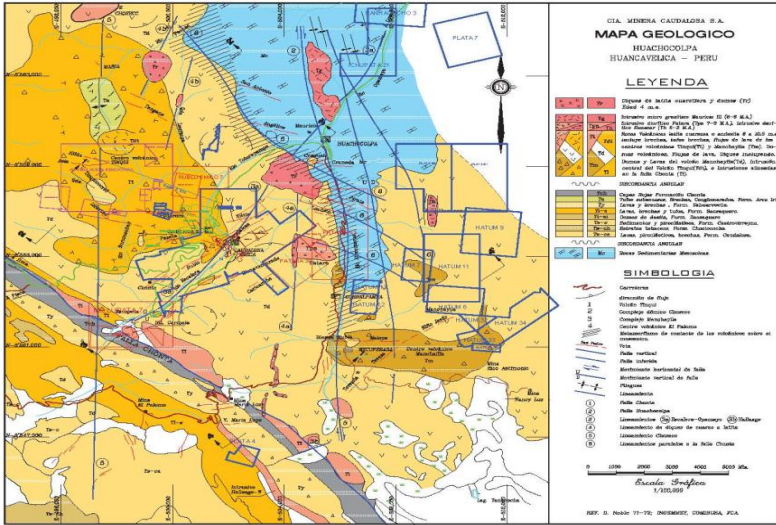
1.-Perforación en realce con Mini Jumbo

4.-Desatado y sostenimiento con split set 7' (2.1m)

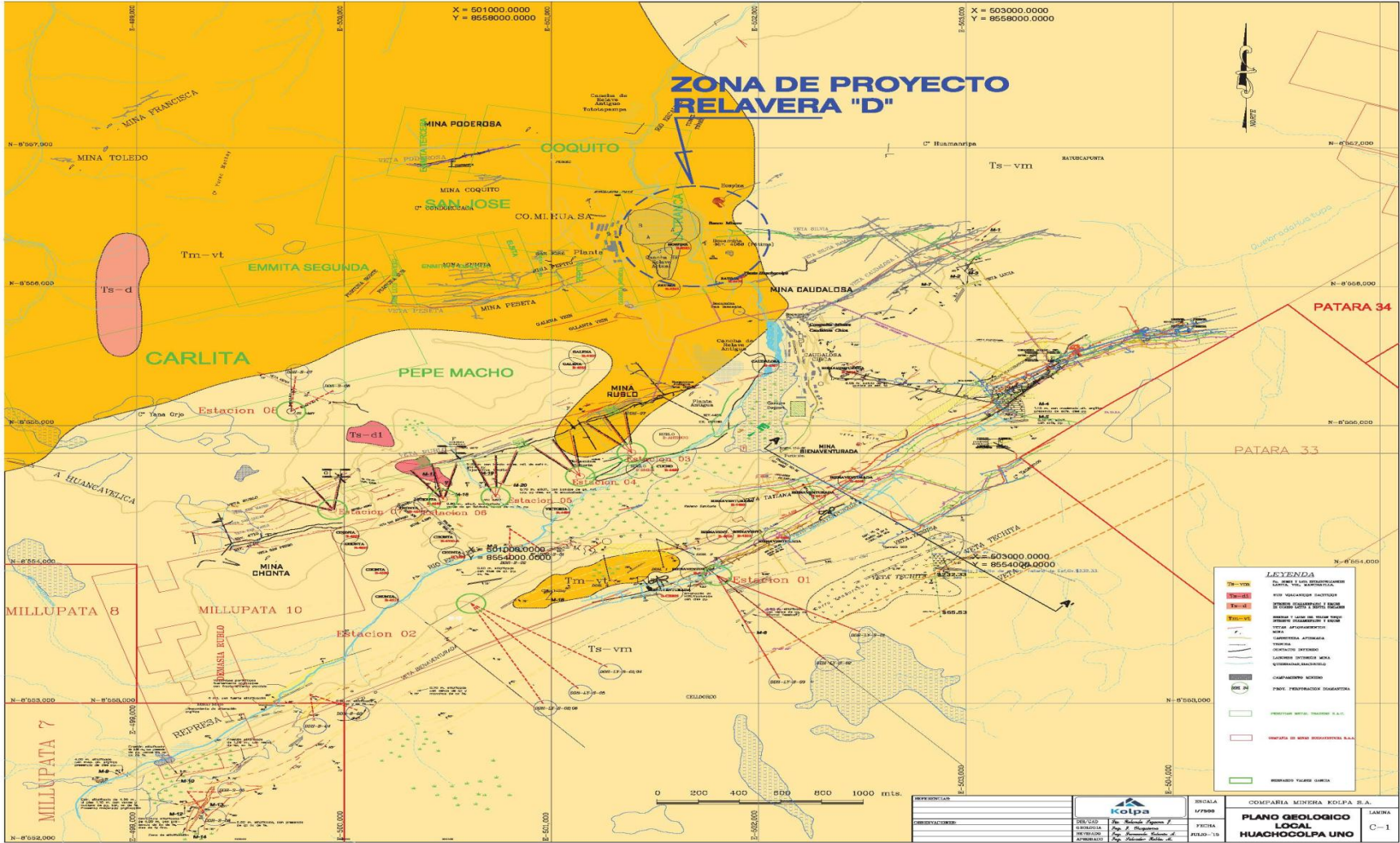


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

DISEÑADO	P. SÁNCHEZ	CICLO DE MINADO MECANIZADO CRARB - MINI JUMBO		
FECHA	15.FEB.2016	PLANO	ST-CMK-ING-05	VERSION
ESCALA	S/E			02



		COMPANIA MINERA KOLPA S.A.	
DIR./CAD.	Tito, Winston Sotomayor J.	ESCALA	Indicada
GEOLOGIA	D. Ninos 71-73, COMIBURA	REVISADO	E 25,000
REVISADO	Ing. Fernando Galindo N.	ESCALA	E 30,000
APROBADO	Ing. Salvador Restrepo M.	FECHA	Julio-2016
		GEOLOGIA REGIONAL HUACHOCOLPA	L.M.R.N. S.A. G-1



COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL CUADRANGULO DE HUACHOCOLPA

Eratema	Sistema	Serie	Unidad litoestratigráfica	Grosor aprox.	Columna	Descripción Litológica	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Dep. Aluviales			..Clastos redondeados de tamaños variables, matriz areno-limoso ..Limoarcillas y gravas debilmente compactadas	
		Pleistoceno	Dep. Glaciofluviales			..Limoarcillas y gravas debilmente compactadas	
	Neogeno	Plioceno	Fm. Portuguesa Grupo Huachocolpa	Tobas Atunsulla	<400		..Tobas rosadas blanquecina de naturaleza riolítica, textura porfirítica.
				Domos y lavas			..Lavas andesíticas hasta riolíticas, tobas soldadas gris verdosas, domos de naturaleza riolítica gris blanquecino.
				Brechas y piroclastos			..Brechas de naturaleza andesítica.
		Mioceno	Grupo Huachocolpa	Fm. Apacheta (Fm. Domos de Lava)	<500		..Apacheta superior, lavas de composición andesítica, brechas, domos ..Apacheta inferior, brechas
				Fm. Caudalosa	<300		..Lavas andesíticas hasta basálticas. ..Tobas blancas riolíticas, en capas gruesas.
				Fm. Castrovirreyña	400		..Tobas blancas arcillosas, conglomerados intrafornacionales, piroclásticos en capas delgadas a medias.
	Paleógeno	Oligoceno	Fm. Sacsaquero	900		..Lavas andesíticas, brechas de coloración oscura en capas gruesas, hacia el tope areniscas rojizas en capas gruesas.	
		Eoceno				..Lavas andesíticas a riolíticas, brechas presentan una pseudoestratificación en capas gruesas a medias.	
		Paleoceno			Fm. Tantara	700	
	Mesozoico	Cretácico	Superior	Fm. Casapalca	800		..Areniscas rojizas de grano medio a grueso en capas gruesas algunos niveles de lodolitas rojizas en capas medianas.
			Inferior	Grupo Goyllarisquisga	100		..Areniscas cuaríferas blancas con estratificación sesgada.
		Jurásico	Medio	Fm. Chunumayo	150		..Calizas espáticas grises, calizas areniscosas intercalados con niveles delgados de arcillitas.
Inferior			Grupo Pucará	Fm. Condorsinga	800		..Calizas hacia la base en capas delgadas de color gris claro, hacia el tope en capas gruesas.
				Fm. Aramachay	200		..Limolitas gris oscuras laminadas con algunas calizas grises, bien tabulares en capas delgadas.
Triásico		Superior	Grupo Pucará	Fm. Chamberá	750		..Hacia la base calizas gris oscuras en capas gruesas con nódulos de chert, hacia el tope en capas ondulantes.

ANEXO N° 3
FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 1

Conexión de la Chimenea Alimak 081 del nivel 4238.41 al nivel 4590.41 (superficie).



FOTOGRAFÍA N° 2



FOTOGRAFÍA N° 3

