

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**MEJORAMIENTO DEL AVANCE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA
USANDO CUADROS METÁLICOS EN EL SISTEMA ALIMAK EN LA U.M
INMACULADA- HOCHSCHILD MINING**

PRESENTADO POR:

Bach. HUGO EUFRACIO CAHUASCANCO
TICONA

PARA OPTAR AL TÍTULO

PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

ASESOR:

MGT. RAIMUNDO MOLINA DELGADO

CUSCO - PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: MEJORAMIENTO DEL
AVANCE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA USANDO CUBIERTOS
METALICOS EN EL SISTEMA ALIQUAN EN LA U.P. INTRAUARA -
HOCHSCHILDE MINING

Presentado por: Hugo Bufacio Cahuascanco Ticona DNI N° 45023249

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO DE MINAS

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 11 de Agosto de 2025



Firma

Post firma Raimundo Molina Delgado

Nro. de DNI 23912083

ORCID del Asesor 0000-0003-0291-2700

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:491242931

HUGO EUFRACIO CAHUASCANCO TICONA

MEJORAMIENTO DEL AVANCE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA USANDO CUADROS METÁLICOS EN EL SISTEMA A...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:491242931

Fecha de entrega

3 sep 2025, 1:02 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 sep 2025, 12:14 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS FINAL19.docx

Tamaño del archivo

20.7 MB

149 páginas

21.004 palabras

112.049 caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- ▶ Fuentes de Internet

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
46 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
699 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedica con todo el amor y cariño para mis padres:

Dedicarle a mi papá, Eufrazio Cahuascano Quispe, quien siempre con el ejemplo me enseñó la forma correcta de estudiar y afrontar las circunstancias que la vida nos ofrece.

Dedicarle a mi mamá, Paula Ticona Pareja, por su ayuda, por enseñarme a compartir y por enseñarme a ser empáticos con otras personas.

Dedicarles a mis hermanos que siempre me apoyan.

A aquellos que me enseñaron a creer en la amistad y el compañerismo mis amigos y compañeros.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el pilar de mi existencia y el guía en cada uno de los proyectos que emprendo.

A la Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco, a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, por ser mis facilitadores a través de sus enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.

Mis sinceros agradecimientos a la Contrata Operaciones Seprocal SAC por haberme dado la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en la Unidad Minera Inmaculada-HOCHSCHILD MINING.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación mejoramiento del avance en la construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el sistema Alimak en la U.M. Inmaculada-Hochschild Mining. Tiene como objetivo conocer la mejora del avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos y planchas acanaladas en el Sistema Alimak STH-5E. Se ha utilizado el tipo de investigación aplicada, debido a que trabaja de acuerdo a resultados y conclusiones y un nivel de investigación evaluativo y correlacional, por que busca describir y explicar de manera correlativa la construcción de chimenea, tomando para ello una muestra de la chimenea 126.2 NV- 4345 en la U.M. Inmaculada- Hochschild Mining. Las conclusiones de la investigación están relacionadas con la mejora del avance, con la aplicación de cuadros metálicos y planchas acanaladas en el sostenimiento de columna de chimenea, dado que el sostenimiento con cinta metálica Strap genera 2 meses de demora a comparación de sostenimiento con cuadro metálico y planchas acanaladas. Estas demoras se deben al mantenimiento de columna de chimenea (2 guardias por semana). Por otro lado, se obtiene mejores resultados en factores de seguridad de 1.25 mayores a 1.0 con sostenimiento con cuadro metálico. Finalmente se concluye la ejecución de las chimeneas con sistema Alimak con cuadro metálico como una alternativa viable para abordar estas deficiencias.

Palabras clave: Construcción de Chimeneas, Alimak, cuadro metálico.

ABSTRACT

This research paper examines the improvement of chimney construction progress using metal frames in the Alimak system at the Inmaculada-Hochschild Mining MSU. The objective of this paper is to understand the improvement of chimney construction progress using metal frames and corrugated sheets in the STH-5E Alimak System. Applied research is used because it works based on results and conclusions and uses an evaluative and correlational research approach. It seeks to correlatively describe and explain chimney construction. A sample of chimney 126.2 NV-4345 at the Inmaculada-Hochschild Mining MSU is used. The research conclusions relate to the improvement in chimney construction progress with the application of metal frames in the support of CH-126.2, which achieves a better safety factor of 1.25 than 1.0. This indicates that CH-126.2 is stable in chimney construction using the Alimak System. It also increases the chimney's service life by optimizing collapse due to use. Furthermore, unit costs are relatively higher than strap support. Finally, the construction of chimneys using the Alimak system with metal frames is considered a viable alternative to address these deficiencies.

Keywords: Chimney Construction, Alimak, metal frames.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE TABLAS	xi
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	xvii
CAPÍTULO I	1
PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Planteamiento Del Problema	1
1.2 Formulación Del Problema	2
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas Específicos	2
1.3 Justificación e Importancia Del Problema	2
1.4 Delimitación de la Investigación	3
1.4.1 Delimitación Geográfica.....	3
1.4.2 Delimitación temporal.	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivo Especifico	4
1.6 Hipótesis.....	4

1.6.1 Hipótesis General	4
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	4
1.7 Variables e Indicadores.....	5
1.7.1 Variable independiente.....	5
1.7.2 Variable dependiente.....	5
1.8 Operacionalización de Variables	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	7
2.1.1 Antecedentes Nacionales	7
2.2 Fundamentos Teóricos.....	9
2.2.1 Ejecución de Chimeneas.....	9
2.2.2 Métodos de Construcción de Chimeneas.....	9
2.2.3 Sistema de Jaulas Trepadoras Alimak	15
2.2.4 Alimak	17
2.2.5 Excavación de Chimeneas y Piques	19
2.2.6 Características Técnicas del Sistema de Jaulas Trepadoras Alimak	20
2.2.7 Accesorios y Componentes del Equipo Alimak.....	21
CAPITULO III	30
METODOLOGÍA	30
3.1 Tipo de Investigación y Nivel de Investigación	30
3.1.1 Tipo de Investigación	30
3.1.2 Nivel de Investigación	30

3.2 Población y Muestra	30
3.2.1 Población	30
3.2.2 Muestra	30
3.3 Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos.	30
3.3.1 Técnicas	30
3.3.2 Instrumentos.....	31
3.4 Procesamiento y Análisis de Datos.....	31
CAPITULO IV	32
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS CON CUADRO METÁLICO	32
4.1 Diseño de la Chimenea 126.2.....	32
4.1.1 Ubicación de la Chimenea 126.2.....	32
4.1.2 Longitud e Inclinación de la Chimenea – 126.2	34
4.1.3 Parámetros de Diseño de la Chimenea – 126.2.....	35
4.2 Diseño de Cámara Para el Equipo Alimak.....	35
4.2.1 Cámara de Alimak.....	35
4.2.2 Cámara de Limpieza de Chimenea.....	35
4.2.3 Construcción de la Chimenea Piloto	36
4.3 Sellada de la Chimenea Piloto	37
4.4 Instalación de Carril Curvo en Chimenea Piloto.....	39
4.5 Instalación de Componentes del Equipo Alimak.....	42
4.6 Ciclo de Excavación.....	43
4.6.1 Perforación y Carguío de Taladros.....	43
4.6.2 Descenso de la Plataforma y Voladura.....	43
4.6.3 Ventilación y Regado	43

4.6.4	Ascenso de la Plataforma y Desatado de Rocas.....	44
4.7	Diseño de Malla de Perforación y Voladura	44
4.7.1	Diseño de Malla de Perforación	44
4.7.2	Parámetros y Eficiencias de Perforación y Voladura	45
4.7.3	Máquinas de Perforación y Accesorios	47
4.8	Voladura	49
4.8.1	Emulnor	49
4.8.2	Fanel 50	
4.9	Sostenimiento	51
4.9.1	Sostenimiento de Frente (Guarda Cabeza) con Malla Electrosoldada más Split Set 52	
4.9.2	Sostenimiento de Columna de Chimenea con Cinta Metálica Straps	53
4.9.3	Sostenimiento de Columna de Chimenea con Cuadro Metálico.....	58
4.9.4	Instalación de Viga H	65
4.9.5	Instalación de Anillo Base	67
4.10	Levantamiento topográfico en columna de la chimenea.....	68
4.11	Plan de Conexión de Ch 126.2	70
4.12	Esquema del Proceso de Instalación de Pernos de Anclaje e Instalación de la Línea de Anclaje.....	71
4.13	Protocolo de Voladura para Conexión de CH- 126.2	72
CAPITULO V		73
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		73
5.1	Cronograma de Ejecución CH-126.2.....	73
5.1.1	Cronograma de Ejecución de CH-126.2 con Sostenimiento de Cuadro Metálico	

y Planchas Acanaladas.....	73
5.1.2 Cronograma de Ejecución de CH-126.2 con Sostenimiento de Cinta Straps .	75
5.2 Costos Operativos de Chimenea con Jaula Trepadora Alimak	76
5.2.1 Precio Unitario de Excavación de Chimenea Sección 2.80m x 2.80m	77
5.2.2 Precio Unitario de Instalación de Malla Electrosoldada (Guarda Cabeza)	78
5.2.3 Precio Unitario de Instalación de Split Set 5pies Sección 2.80m x 2.80m.....	78
5.2.4 Precio Unitario de Instalación de Anillo Base Para Cimbra Sección 2.80m x 2.80m	79
5.2.5 Precio Unitario de Cuadro Metálico más Perno de Anclaje -Sección 2.80m x 2.80m	79
Cuadro 11.	79
5.2.6 Precio unitario de Colocado de Bolsas Cret en la Chimenea.....	80
5.2.7 Precio Unitario de Instalación de Planchas Acanaladas de 1.50m.....	80
5.2.8 Precio Unitario de Instalación de Cinta Metálica Straps de 1.50m.....	81
5.2.9 Análisis de Precio Unitario de Sostenimiento con Cinta Metálica Straps de 1.50m	81
5.2.10 Análisis de Precio Unitario de Sostenimiento con Cimbra Metálica de 2.80m x 2.80m con Equipos Alimak.	82
5.3 Análisis Geomecánica de la Chimenea-126.2	82
5.3.1 Plano Geomecánico	82
5.3.2 método de índice de calidad.....	83
5.3.3 Distribución e Incidencia por Tipo de Roca	85
5.3.4 Análisis de Estabilidad y Modelamiento de Sostenimiento.....	86

5.3.5 Comparación de Factor de Seguridad Según su Sostenimiento.....	91
5.4 Discusiones.....	91
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	95
ANEXO 1: descripción de área de investigación	98
ANEXO 2: Instalación de carril curvo.....	125
ANEXO 3: Montaje de componentes del equipo Alimak.....	125
ANEXO 4: Matriz de consistencia	126
ANEXO 5: Plano de ubicación de la mina.....	127
ANEXO 6: Información geotécnica – logueo RMR corregido	128
ANEXO 7: Vista en planta del proyecto a superficie - NV 4345 CH 126.2.....	130
ANEXO 8: Comunicación de chimenea a superficie	130

INDICE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2. Características de jaula trepadora Alimak STH 5E	21
Tabla 3. parámetros y eficiencias de perforación para roca tipo IVB.	45
Tabla 4. Explosivos y accesorios de voladura para roca tipo IVB.....	46
Tabla 3. parámetros y eficiencias de perforación para roca tipo IIIB.	47
Tabla 4. Explosivos y accesorios de voladura para roca tipo IIIB.....	47
Tabla 5. Especificaciones técnicas de maquina perforadora STOPER	48
Tabla 6 . Especificaciones técnicas de Emulnor	50
Tabla 7 . Propiedades mecánicas de viga H.....	66
Tabla 8. especificaciones técnicas de viga H.....	66
Tabla 9. Distribución e incidencia de tipo de roca.....	85
Tabla 10. Coordenadas de u.m inmaculada.	98
Tabla 11. Accesibilidad a la Unidad Operativa Inmaculada	99

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cronograma de ejecución de chimenea de 126.2 con cuadro metálico...73	73
Cuadro 2. Avance mensual de chimenea de 126.2 con cuadro metálico.....74	74
Cuadro 3. Resumen de total de días ejecutadas de construcción de CH-126.2.74	74
Cuadro 4. Cronograma de ejecución de chimenea de 126.2 con Cinta straps.75	75
Cuadro 5. Avance mensual de chimenea de 126.2 con cinta metálica Straps.75	75
Cuadro 6. Resumen de total de días ejecutadas de construcción de CH-126.2.76	76
Cuadro 7. Precio unitario de excavación de chimenea sección 2.80m x 2.80m77	77
Cuadro 8. Precio unitario de malla electrosoldada (guarda cabeza)78	78
Cuadro 9. Precio unitario de instalación de split set 5pies con el método Alimak. .78	78
Cuadro 10. Precio unitario de instalación de anillo base con el método Alimak. ...79	79
Cuadro 11. Precio unitario de cuadro metálico tipo L + perno de anclaje con el equipo Alimak - sección 2.80x2.80m79	79
Cuadro 12. Costos de bolsas Cret en Equipo Alimak80	80
Cuadro 13. Precio unitario de instalación de planchas acanaladas de 1.50m.80	80
Cuadro 14. Precio unitario de instalación de cinta metálica Straps de 1.50m.81	81
Cuadro 15. Análisis de precio unitario de sostenimiento con cinta metálica straps de 1.50m con equipos Alimak.81	81
Cuadro 16. Análisis de precio unitario de sostenimiento con cimbra metálica de 2.80m x 2.80m con equipos Alimak.82	82
Cuadro 17. Comparación de factor de seguridad según su sostenimiento.91	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plataforma de madera.	11
Figura 2. Vista Longitudinal de una chimenea convencional con cuadro de madera.	12
Figura 3. Proceso constructivo con Raise Boring.	13
Figura 4. Plataforma trepadora Alimak STH 5E.....	14
Figura 5. Cámara Alimak- Unidad Minera Inmaculada	15
Figura 6. Plataforma trepadora Alimak STH 5E.....	18
Figura 7. GA5-paracaídas	22
Figura 8. Bomba eléctrica.....	23
Figura 9. Guarda cabeza o techo protector	25
Figura 10. Central múltiple de agua y aire.....	26
Figura 11. Tablero principal	27
Figura 12. Tambora.	27
Figura 13. Carriles.....	29
Figura 14. Plano de proyecto ch-126.2.....	33
Figura 15. Longitud e inclinación de la Chimenea – 126.2.....	34
Figura 16. Diseño de cámara para el equipo alimak	36
Figura 17. Sellada de la chimenea piloto.....	38
Figura 18. Plataforma para la instalación de carril curvo.....	39
Figura 19. Combinación de carril curvo	40
Figura 20. Instalación de carril curvo.....	41
Figura 21. Instalación de componentes del equipo Alimak.....	42

Figura 22. Malla de perforación sección 2.8mx2.8m, roca tipo IVB, 6pies.....	45
Figura 23. Malla de perforación sección 2.8mx2.8m, roca tipo IIIB, 6pies	46
Figura 24. Maquina perforadora STOPER	48
Figura 25. Brocas	49
Figura 26. Emulnor.....	49
Figura 27. Distribución de Split set para guarda cabeza	52
Figura 28. Sostenimiento con cinta metálica straps en tipo de roca IIIB	54
Figura 29. Sostenimiento con cinta metálica straps en tipo de roca IVA.....	55
Figura 30. Sostenimiento con cinta metálica Straps en tipo de roca IVB	56
Figura 31. Cinta metálica straps.....	57
Figura 32. Columna de chimenea con sostenimiento de cuadro metálico.....	58
Figura 33. Vista en planta de sostenimiento con cuadro metálico	59
Figura 34. Vista longitudinal de sostenimiento con cuadro metálico	60
Figura 35. Anclaje de cuadro metálico	63
Figura 36. Cáncamo	64
Figura 37. Cartucho de resina	64
Figura 38. Cartucho de cemento	65
Figura 39. Vista en planta de viga H	67
Figura 40. Vista en planta de anillo base	68
Figura 41. Levantamiento topográfico de chimenea 126.2 NV- 4345.....	69
Figura 42. Plan de Conexión de Ch 126.2	70
Figura 43. Geología de las vetas Unidad Minera Inmaculada	71
Figura 44. Plano Geomecánico labores aledañas - Nv 4345 CH 126.2	83
Figura 45. Relación del diámetro del chimenea máximo sin sostenimiento y el Qr	84

Figura 46. Distribución e incidencia por tipo de roca	85
Figura 47. Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación en la Cota 4500, de la CH- 126.2 sin considerar sostenimiento.....	86
Figura 48. Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación del Nv. 4345 al Nv. 4700 superficie de la CH-126.2 sin considerar sostenimiento.....	87
Figura 49. Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación en la Cota 4500, de la CH-126.2 considerando el sostenimiento con cinta strap + Split set de 4pies.	88
Figura 50. Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación en la Cota 4500, de la CH-126.2 considerando el sostenimiento con Cuadro Metálico.	89
Figura 51. Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación del Nv. 4345 al Nv. 4700 superficie, de la CH-126.2 considerando el sostenimiento con Cuadro Metálico.	90
Figura 52. Plano de ubicación de la unidad minera Inmaculada.	98
Figura 53. Plano de Accesibilidad a la Unidad Operativa Inmaculada	100
Figura 54. Geología de las vetas Unidad Minera Inmaculada.	105
Figura 55. Accesos a la zona de explotación	110
Figura 56. Diseño de explotación Corte y Relleno Mecanizado en Breasting	110
Figura 57. Secciones típicas en CRM por buzamiento en potencias de 2m.....	111
Figura 58. Secciones típicas en CRM por buzamiento en potencias de 3m.....	111
Figura 59. Vista en sección y planta de Corte Relleno Semi mecanizado	113
Figura 60. Sección típica de Corte y Relleno Semi mecanizado Breasting.....	113
Figura 61. Corte y relleno ascendente semi-mecanizado con scoop cautivo.....	115

Figura 62. Secciones típicas de Corte y Relleno Semi mecanizado con equipo cautivo (Breasting y Realce).	115
Figura 63. Corte y relleno convencional ascendente.....	117
Figura 64. Secciones típicas de Corte y Relleno Convencional (Breasting y Realce)	118
Figura 65. Minado por Taladros Largos Longitudinales	120
Figura 66. Minado por Taladros Largos Transversales	121
Figura 67. Escenario tajo taladros largos.....	123
Figura 68. Escenario tajo recuperación tipo puente	123

INDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

Cía.	Compañía
S.A.	Sociedad Anónima
U.M.	Unidad Minera
STH-5E	Plataforma trepadora accionado por motor eléctrico
STH-5L	Plataforma trepadora accionado por motor aire comprimido
STH-5D	Plataforma trepadora accionado por motor Diesel
GA5	Dispositivo de frenado automático de emergencia
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
tn	Toneladas Métricas
m	metros
Ø	Diámetro
mm	Milímetros
FS	Factor de Seguridad
\$	dólares
Yd ³	Yardas cúbicas
CFM	Pies cúbicos por minuto
ft ³ /min	Pies cúbicos por minuto
Rp	Rampa
Ch	Chimenea
BP	By Pass
Gal	Galería
Cx	Crucero

NV	Nivel
VE	ventana
RC	Raise Climber
H.H.	Horas hombre
H.M.	Horas máquina
GRD	Guardia
Pulg	Pulgadas
Lb	Libras
N°	Número
d	Densidad del aire (lb/ft ³)
Q	Caudal de aire (ft ³ /min ó cfm)
D.S.	Decreto supremo
V	Velocidad del flujo (m/min)
V _m	Velocidad mínima (m/min)
HP	Capacidad efectiva de potencia (HP)
LMP	Límite Máximo Permisible
PPM	Partes por millón
RMR	Clasificación del Macizo Rocoso
GSI	Índice de Resistencia Geológica
RQD	Designación de Calidad de Roca
Q	Índice de Clasificación del Macizo Rocoso según Barton
CO	Costo de Operación
CI	Costo de Inversión

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento Del Problema

La U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING, es una empresa que desarrolla actividades de minería mecanizada subterránea, los cuales desarrollan sus actividades en el Región de Ayacucho, los métodos y técnicas de trabajo permiten la obtención de minerales auríferos.

Por otro lado, la calidad del macizo rocoso según los sondeos geo mecánicos nos da información de un tipo de roca IIIB, IVA, IVB y V, lo que hace que cada vez sean más inestables. Actualmente se viene profundizando las labores, ello hace que la carga litostática sea de mayor magnitud cada vez más y de mayor incidencia de los esfuerzos en la excavación de chimeneas.

En el desarrollando de chimeneas con equipo trepador Alimak STH-5E, en tipo de roca IIIB, IVA, IVB, se viene aplicando un sistema de sostenimiento de columna de chimenea con cinta metálica Strap y Split set, este sistema de sostenimiento de chimenea es dañada continuamente por el impacto de fragmentos de roca producto de voladura. Por lo cual, para este tipo de sostenimiento se ejecuta programas de mantenimiento semanal de columna de chimenea (dos guardias por semana). Estos programas de mantenimiento generan una demora en el avance, en la construcción de chimeneas.

Partiendo de esta realidad se requiere garantizar el avance, estabilidad y vida útil de las chimeneas, bajo un sistema de sostenimiento con cuadro metálico y planchas acanaladas alrededor de la excavación de la chimenea con equipo trepador Alimak . STH-5E.

1.2 Formulación Del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo será la mejora del avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5E en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING?

1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la situación actual de la construcción la chimenea en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING?
- b) ¿Cuáles son los parámetros Geomecánicas y geológicos para mejorar el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5E en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING?
- c) ¿Cómo es el desarrollo del sistema Alimak STH-5E en los procesos de perforación, voladura y sostenimiento para mejorar del avance en la construcción de chimeneas usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING?
- d) ¿Cuál es el costo de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en relación al sistema actual en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING?

1.3 Justificación e Importancia Del Problema

El propósito de la siguiente investigación es determinar las causas de las demoras operativas que se desarrollan al desarrollar chimeneas con equipo trepador Alimak con un sistema de sostenimiento con cinta metálica Strap y Split set.

La presente investigación se realiza con el fin de mejorar el avance, estabilidad y vida útil de las chimeneas, bajo un sistema de sostenimiento con cuadro metálico y planchas acanaladas alrededor de la excavación de la chimenea con equipo trepador Alimak. Con la aplicación de cuadros metálicos en el sostenimiento de columna de chimenea, se mejorará el avance en la construcción de chimeneas con el Sistema Alimak STH-5 en la U.M.

Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.

Para lo cual se ha utilizado el tipo de investigación aplicada, debido a que trabaja de acuerdo a resultados y conclusiones y un nivel de investigación evaluativo y correlacional, por que busca describir y explicar de manera correlativa la construcción de chimenea, tomando para ello una muestra de la chimenea 126.2 NV- 4345 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.

Acorde a estas necesidades, la realización del presente trabajo servirá como guía para que la empresa proyecte su ejecución de chimeneas en tipo de roca IIIB, IVA, IVB y V, de manera que puedan prevenir y no tener problemas en el desarrollo de su construcción y actividad.

1.4 Delimitación de la Investigación

Después de haber identificado la problemática de la investigación, esta se delimito en los siguientes aspectos (Hernández,2014).

1.4.1 Delimitación Geográfica

La investigación está comprendida en el Distrito de Oyolo, Provincia de Paucar del Sara Sara y Departamento de Ayacucho.

1.4.2 Delimitación temporal.

El periodo de trabajo investigativo es en octubre -2024 al julio-2025.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Mejorar el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.

1.5.2 Objetivo Especifico

- a) Conocer la situación actual de la construcción de chimenea en U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.
- b) Determinar los parámetros Geomecánicos y geológicos para mejorar el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.
- c) Realizar el sistema Alimak STH-5E en los procesos de perforación, voladura y sostenimiento para mejorar del avance en la construcción de chimeneas usando cuadros metálicos en la unidad minera Inmaculada H MINING
- d) Determinar los costos de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

Con la aplicación de cuadros metálicos en el sostenimiento se mejorará el avance en la construcción de chimeneas con el Sistema Alimak STH-5E en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.

1.6.2 Hipótesis Específicas.

- a) La situación actual de la construcción de la chimenea exige implementar nuevas tecnologías de construcción en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.
- b) Conociendo los parámetros Geomecánicos y geológicos se mejorará el avance de

construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5E en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.

- c) El desarrollo de los procesos de perforación, voladura y sostenimiento se mejorará el avance en la construcción de chimeneas usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING.
- d) El costo de las operaciones mejorara directamente el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING.

1.7 Variables e Indicadores

1.7.1 Variable independiente.

Construcción de chimenea con equipo trepador - Alimak STH-5E.

1.7.2 Variable dependiente.

Mejora del avance lineal en la construcción de chimeneas con cuadros metálicos.

1.8 Operacionalización de Variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

VARIABLES INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
Construcción de chimenea con Plataforma trepadora - Alimak STH-5E	Es un equipo donde se permite la construcción de chimeneas a través de una plataforma trepadora que se va desplazando por los carriles anclados en el macizo rocos, estas se utilizan en la perforación de chimeneas verticales (Villalba, 2016).	Parámetros Geomecánicos y geológicos	Calidad de roca. Litología. Estructuras. Alteraciones. Diseño de la labor
		sistema Alimak	Jaula Plataforma de trabajo. Motores de accionamiento Carril guía elementos auxiliares
		Parámetros de perforación, voladura y sostenimiento	Monitoreo de aire (m/s) Control Diamantino Longitud de barreno (pies) Diámetro de barreno (mm) KPI perforación. Tipo de explosivo Carguío y detonación kpi voladura sostenimiento
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
mejora del Avance Lineal de construcción		Estándar de Sostenimiento	Refuerzo Soporte
		Factor de seguridad.	FS.
		Costos.	\$
		Avance.	m

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación.

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Aguilar Jamanca (2021) llevó a cabo un estudio titulado *“Jaula trepadora Alimak para mejorar la construcción de la chimenea Raise Climber 46-NV-2870 - Unidad Minera San Andrés de Minera Aurífera Retamas S.A.”*, desarrollado en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. El propósito principal fue demostrar que el uso de la jaula trepadora Alimak optimiza la construcción de la chimenea Raise Climber 46 – Nv-2870 en dicha unidad minera. Para alcanzar este objetivo, en una primera fase se recopiló información geomecánica básica, necesaria para evaluar los factores que influyen en la estabilidad del terreno y estimar los parámetros geomecánicos fundamentales. En una segunda etapa, se analizó la información recogida para identificar los parámetros geomecánicos que definen el comportamiento del macizo rocoso, considerando aspectos estructurales y efectos del esfuerzo. El estudio concluye que la implementación de la jaula trepadora Alimak mejora significativamente la construcción de la chimenea, al optimizar los costos operativos, el avance por disparo, el tiempo de ejecución, la eficiencia del sostenimiento según criterios geomecánicos (relación metro avanzado – metro sostenido), así como las estadísticas de seguridad.

López Torres (2023) realizó una investigación titulada *"Excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina Agromin- La Bonita"* en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. En la presente investigación se tiene como objetivo general determinar la influencia en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN “LA BONITA”. La metodología empleada fue aplicada de nivel cuantitativo, de método inductivo y de diseño

preexperimental asimismo la muestra está formada por el área de excavación de chimenea de ventilación en mina AGROMIN “LA BONITA” donde se empleó como instrumento una guía de análisis documental y guía de observación. Los resultados indican que el diseño de la chimenea de ventilación, comprende una excavación vertical desde la galería principal de extracción de mineral (NV. 1385 msnm), hasta superficie (1765 msnm). Además, en los siguientes datos se puede inferir el diseño de la cámara de estación: El punto de inicio de la CH-AK-510, está ubicado en el nivel principal de extracción de mineral, cuya sección es de 2.50 m x 2.50 m. La limpieza de la carga se efectuará mediante maquinaria de bajo perfil (scooptram de 1.5 m³ de capacidad), y sección de la CH-AK-510 es de 2.0 m x 2.0 m, este dato determina la sección mínima que debería de tener la cámara de estación. Se llega a la conclusión el diseño e infraestructura de la plataforma trepadora tenemos que tener presente la longitud y área a excavar de la chimenea, además considerar los trabajos externos al equipo, como por ejemplo el diseño de la cámara de estación, sumideros cercanos, cámara de acumulación de carga, etc.

Yucra Cartolin (2021) llevó a cabo una investigación en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, titulada “*Mejoramiento de las operaciones mineras con la construcción de chimenea RC-1256 con método plataforma trepadora Alimak en Sotrami S.A.*”. Su propósito fue encontrar formas de hacer más eficientes y seguras las operaciones mineras, enfocándose en la construcción de chimeneas mediante el uso de la plataforma trepadora Alimak. El estudio se centró en la unidad minera Sotrami S.A. y en la implementación específica de la chimenea RC-1256. Desde un enfoque práctico, la investigación abordó problemas comunes en este tipo de trabajos, como el mantenimiento, la ventilación adecuada y el abastecimiento de agua y aire comprimido. Para ello, se utilizaron herramientas clave como los equipos Alimak y Alicab, además de perforaciones con taladros

diamantinos HQ de 96 mm, que permitieron un análisis técnico más preciso. Los resultados obtenidos demostraron mejoras significativas: la posibilidad de hacer ascensos simultáneos de equipos, una ventilación más eficiente gracias a perforaciones mejor planificadas, y un suministro continuo de agua y aire comprimido. Todo ello contribuye a minimizar pérdidas, reducir riesgos y aumentar el control durante la construcción de chimeneas, lo cual representa un avance importante en la seguridad y eficiencia en operaciones mineras.

2.2 Fundamentos Teóricos.

2.2.1 Ejecución de Chimeneas

La excavación de chimeneas y piques verticales o inclinados, realizada para el acceso a las labores subterráneas, se desarrolla por medio de dos métodos: convencional y mecanizado (Catare, 2011).

2.2.2 Métodos de Construcción de Chimeneas

a) Método Convencional.

Granados (2010) señala que esta técnica se denomina así cuando la construcción se realiza instalando puntales a lo largo del avance, sobre los cuales se colocan tablas que funcionan como plataforma de trabajo. En este método, se emplea una única máquina neumática tipo Stoper para la perforación, utilizando barrenos integrales de 4 a 6 pies y brocas con un diámetro máximo de 40mm.

Generalmente, la chimenea alcanza una longitud promedio de 20 metros, aunque es posible construir chimeneas más largas, siempre que se ejecuten en pares o como estructuras gemelas, por motivos de seguridad.

El suministro de aire comprimido es con mangueras de hasta 30 m. de 1" de diámetro y cuando la altura o longitud de la chimenea supera los 30 metros se instala tuberías de 1" (Herrera,2019).

Gavilán (2018) describe que el suministro de agua en las labores mineras se realiza mediante una manguera de 1/2 pulgada de diámetro y hasta 30 metros de longitud. En casos donde la chimenea supera esa longitud, se instalan también tuberías de 1 pulgada. Para facilitar la ventilación posterior al disparo, la manguera de aire se deja protegida a una distancia de 5 metros del extremo superior de la chimenea. Cuando no se dispone de suficiente agua para la perforación o la presión es inadecuada, se recurre al uso de botellas de agua, que son recipientes metálicos ubicados en la galería, estos se llenan con agua y luego se conectan a una manguera de aire comprimido, permitiendo así impulsar el líquido hasta la perforadora (Catare, 2011).

1) Diseño de Chimeneas Convencionales.

Para la construcción de chimeneas con el método convencional se diseña considerando los siguientes parámetros (Herrera, 2019). Que a continuación se enumera:

- Longitud.
- Sección
- Buzamiento de la veta y/o inclinación deseada.
- Tipo de roca.

2) Altura Máximas de Construcción de Chimeneas Convencionales.

Hoek (2002) menciona que, según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (DS N.º 055-EM-2010), en su artículo 258º, las chimeneas convencionales que superen los 20 metros de longitud deben construirse con dos compartimientos independientes: uno destinado al tránsito del personal y otro al echadero de material.

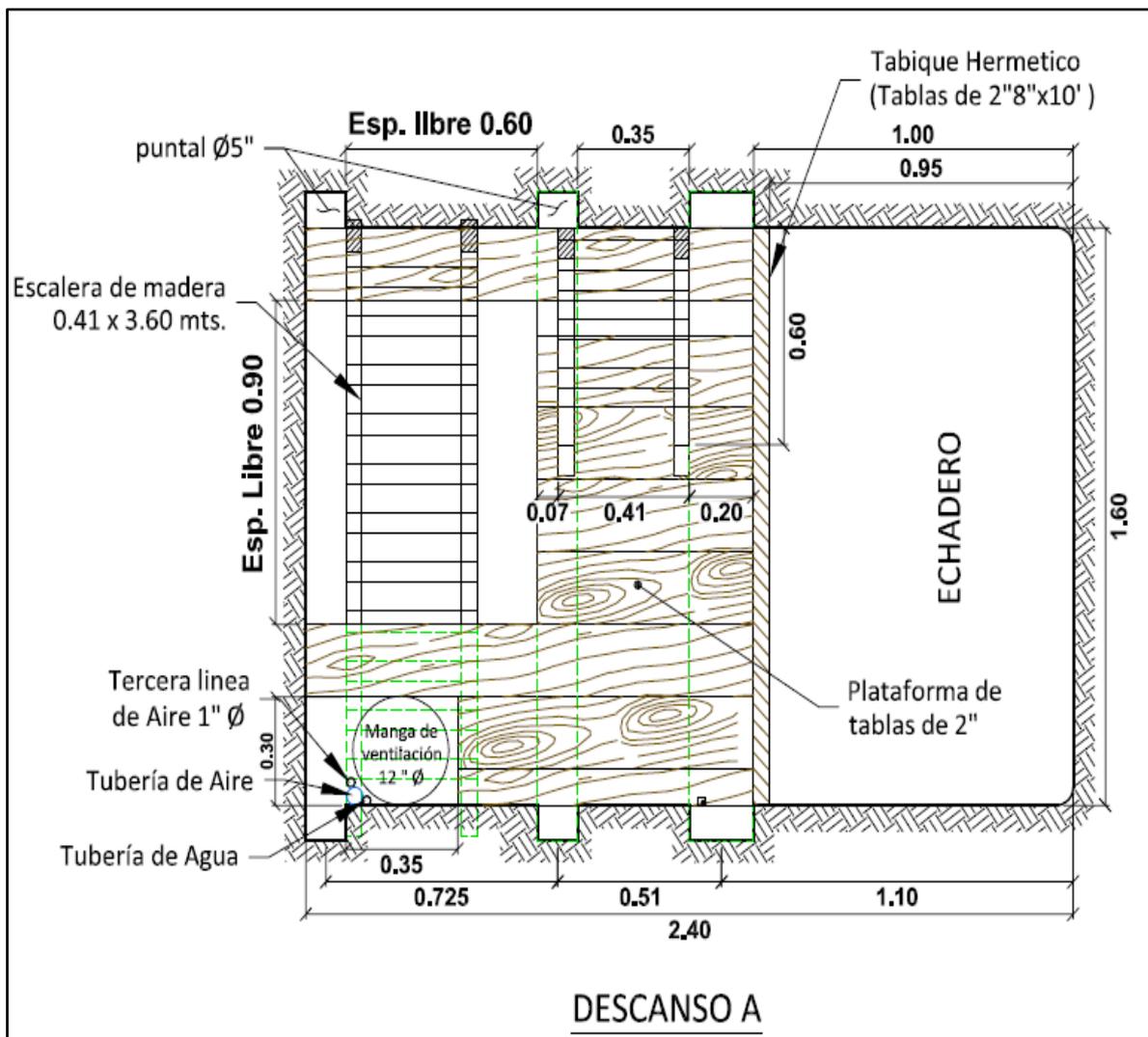
Esta exigencia no se aplica cuando la construcción se realiza mediante métodos mecánicos. En el caso específico de chimeneas desarrolladas en forma de "H", se establece que deben conectarse con los subniveles cada 20 metros. Además, la sección de estas estructuras puede ser simple o doble, generalmente ubicadas sobre zonas mineralizadas, y su inclinación puede ser tanto vertical como inclinada. En términos generales, la longitud máxima permitida para una chimenea construida con el método convencional es de hasta 50 metros.

Cuando se trata de longitudes mayores, este método se vuelve poco eficiente y costoso, además de requerir un mantenimiento frecuente del entablado en la zona destinada al echadero. Para mayores longitudes a 50 m y que alcancen los 100 m. se suele levantar chimeneas mellizas (chimeneas en H), que son chimeneas simples de un compartimiento, separadas de 1 O a 15 m, y que se comunican cada 20 m. mediante un subnivel (Herrera, 2019).

En este caso una de las chimeneas sirve como camino y el otro como echadero y para avanzar el camino hacia el subnivel se coloca tapón o ramfla y la carga del disparo es limpiado por el subnivel hacia el echadero (Catare, 2011).

Figura 1.

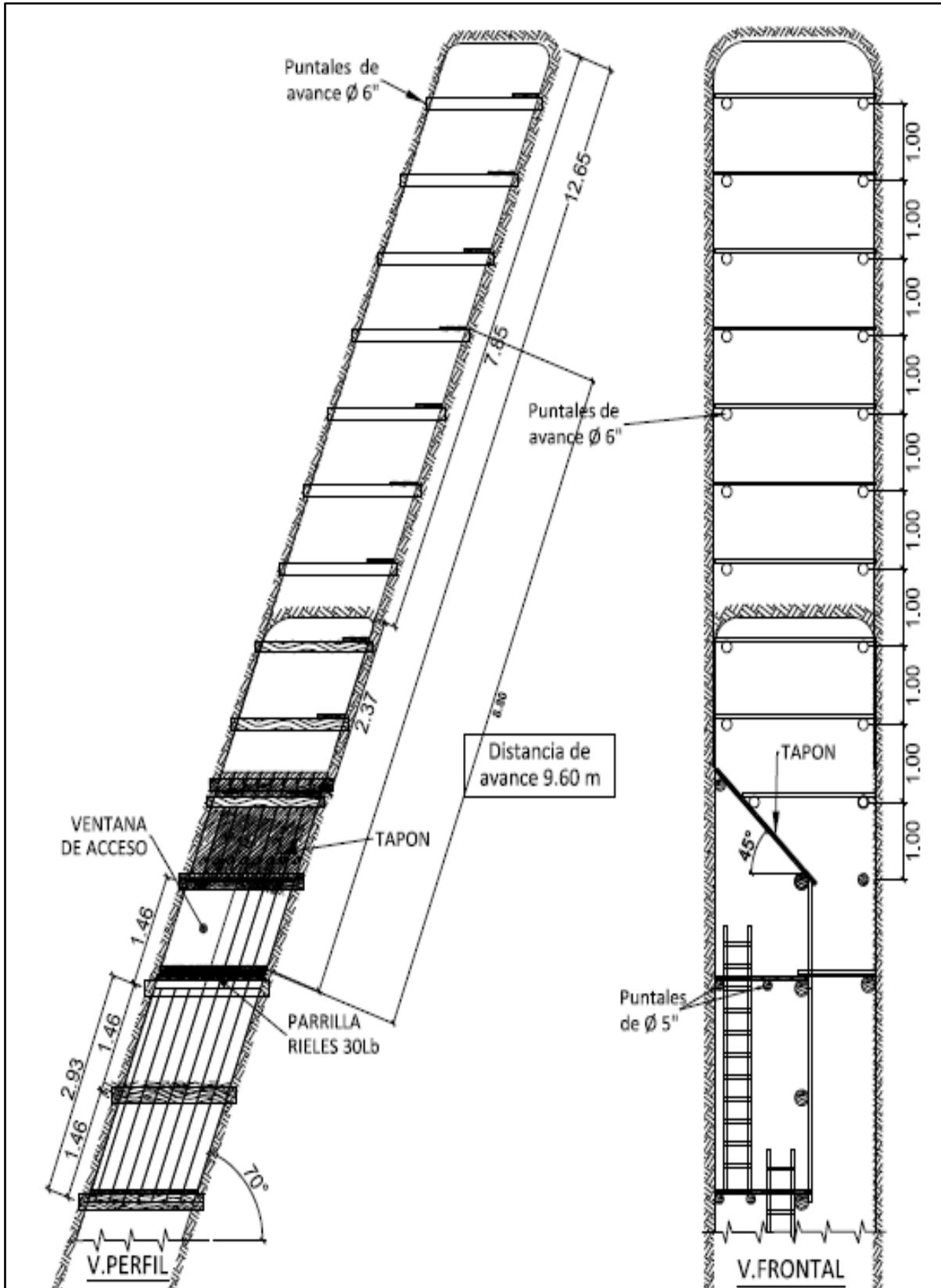
Plataforma de madera.



Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada.

Figura 2.

Vista Longitudinal de una chimenea convencional con cuadro de madera.



Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada.

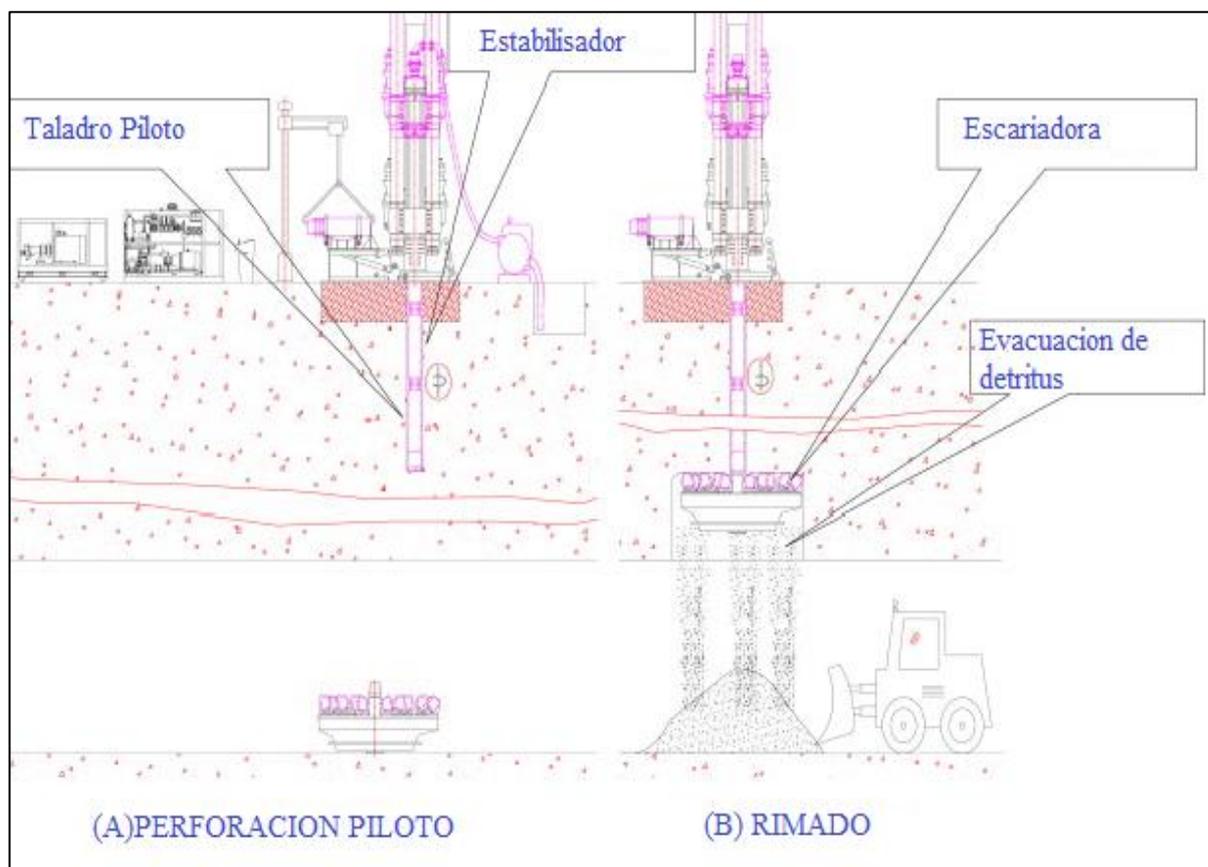
b) Método Mecanizado.

1) Raise Boring.

La perforación de chimeneas con este equipo es una operación moderna, ampliamente utilizada en el sector minero y obras en centrales hidroeléctricas (Gavilán, 2018). En este método primero es necesaria la construcción de una cámara de gran sección para instalar el equipo, luego se efectúa un sondeo piloto para después iniciar el escareado en forma ascendente desde el nivel inferior (Llanque, 2012).

Figura 3:

Proceso constructivo con Raise Boring.



Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada.

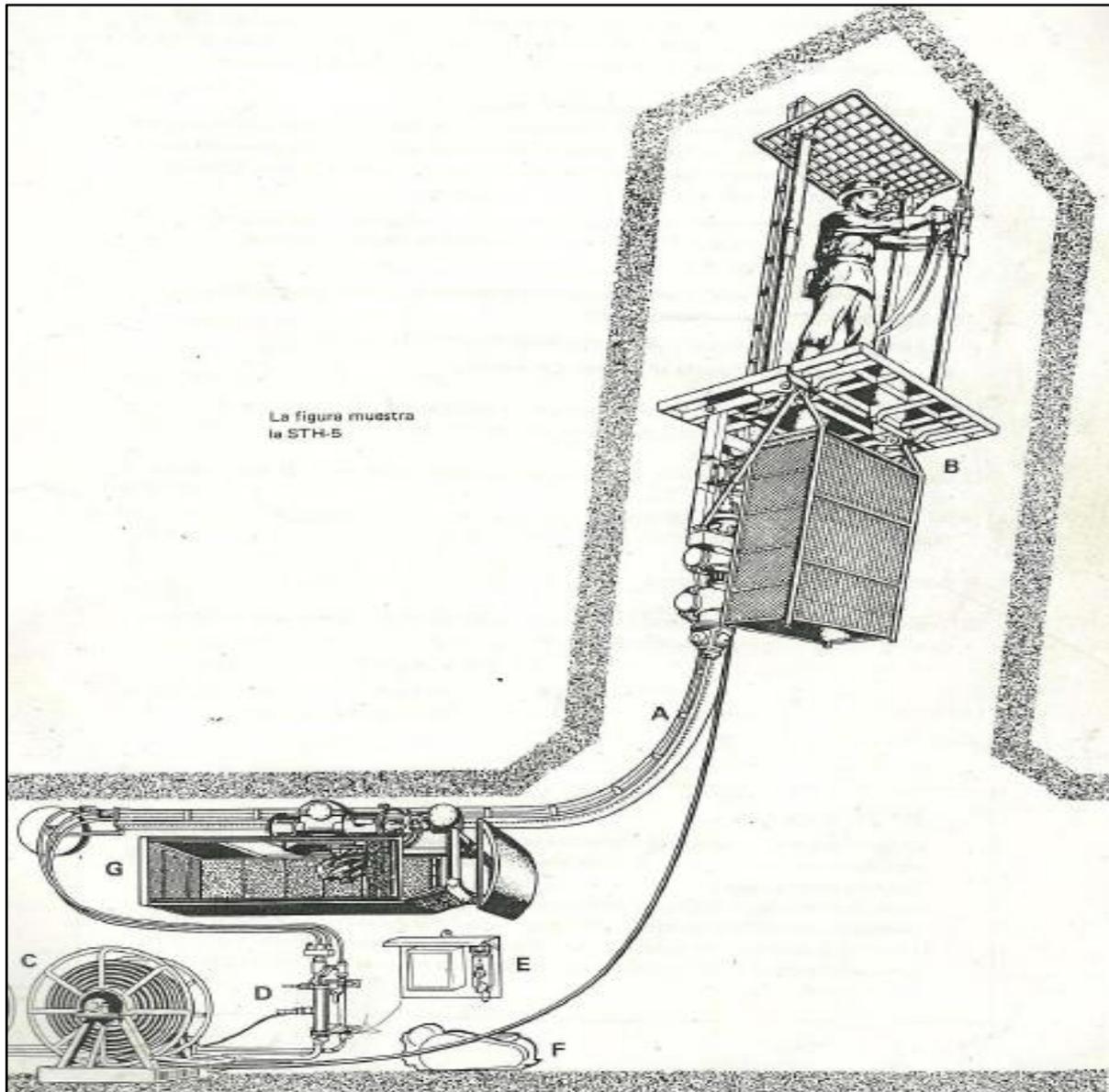
2) Jaula Trepadora Raise Climber

La máquina Alimak es una plataforma/jaula que sube la chimenea por una cremallera empernada a la pared y debido a su gran flexibilidad y velocidad se utiliza para la excavación de chimeneas y piques (Llanque, 2012).

Este equipo está especialmente diseñado para la construcción de chimeneas desde 60° hasta 90°, los cuales pueden ser con sistema neumático, eléctrico o diésel, en la minería subterránea, actualmente la jaula trepadora Alimak, se ha convertido en un equipo muy usado (Hoek, 2002).

Figura 4.

Plataforma trepadora Alimak STH 5E



Fuente: Manual Alimak

Para la construcción de la chimenea propuesta y de acuerdo a sus características, se ha elegido una plataforma trepadora Alimak, modelo STH-SE de propulsión eléctrica, que consta de dos unidades propulsoras con un motor eléctrico cada una.

2.2.3 Sistema de Jaulas Trepadoras Alimak

Salinas, C. (1998) indica que las primeras minas en el Perú que utilizaron este equipo fueron Milpo S.A., Huaron, Arcata, Centromin Perú S.A., entre otras. La introducción del equipo trepador Alimak y su método en Suecia, en 1957, representó un avance significativo en las condiciones laborales, mejorando notablemente la seguridad, la velocidad y la precisión en la construcción de chimeneas de mayor longitud. Con el tiempo, se fue aumentando su alcance para satisfacer las necesidades de productividad en operaciones subterráneas, tales como chimeneas de ventilación, ore pass y waste pass. Los equipos trepadores Alimak pueden funcionar con sistemas de propulsión neumáticos, eléctricos o diésel/hidráulicos. Hasta la fecha, la chimenea más extensa construida con este método alcanza los 1,050 metros de longitud.

Figura 5.

Cámara Alimak- Unidad Minera Inmaculada



Fuente: Fotografía propia – Unidad Minera Inmaculada.

a) Altura Máximas de Construcción de Chimeneas con Equipo Alimak

Catare (2011) señala que, en el caso de chimeneas construidas mediante el uso de la plataforma trepadora Alimak, la longitud máxima que se puede alcanzar depende del tipo de sistema de propulsión que utilice la máquina:

- Las jaulas trepadoras con propulsión neumática permiten alcanzar hasta 150 metros.
- Las de propulsión eléctrica pueden llegar hasta 350 metros.
- Las jaulas con sistema diésel-hidráulico están diseñadas para superar los 1,000 metros.

En el caso de la propulsión neumática, el aire comprimido se suministra a través de una manguera, la cual es enrollada automáticamente por un carrete durante el descenso. Por su parte, la jaula eléctrica recibe energía mediante un cable especialmente diseñado, que incorpora dos cables de acero para soportar su propio peso. Finalmente, la jaula con propulsión diésel-hidráulica no requiere mangueras ni cables colgantes, lo que la hace ideal para la construcción de chimeneas de gran longitud.

b) Ventajas y Desventajas de Construcción de Chimeneas con Equipo Alimak.

Según LINDEN ALIMAK (2016) en su “Manual de Instrucciones”, el sistema Alimak presenta diversas ventajas y desventajas al ser utilizado en la construcción de chimeneas:

Ventajas:

- Cuenta con un sistema de ventilación eficiente basado en agua y aire, lo que permite que los operadores no estén expuestos directamente a gases, reduciendo así los riesgos para su salud.
- Es adaptable a chimeneas con diferentes características superficiales; si se requiere trabajar en superficies más amplias, se pueden añadir piezas de extensión que facilitan su adaptación.

- Su diseño permite avanzar en la construcción de distintos tipos de chimeneas, ya sean verticales, inclinadas, curvas, rectas, con secciones cuadradas o circulares.
- Ofrece altos niveles de seguridad, ya que incluye un sistema de protección para los operadores, quienes trabajan dentro de una jaula especialmente diseñada para este tipo de labores.

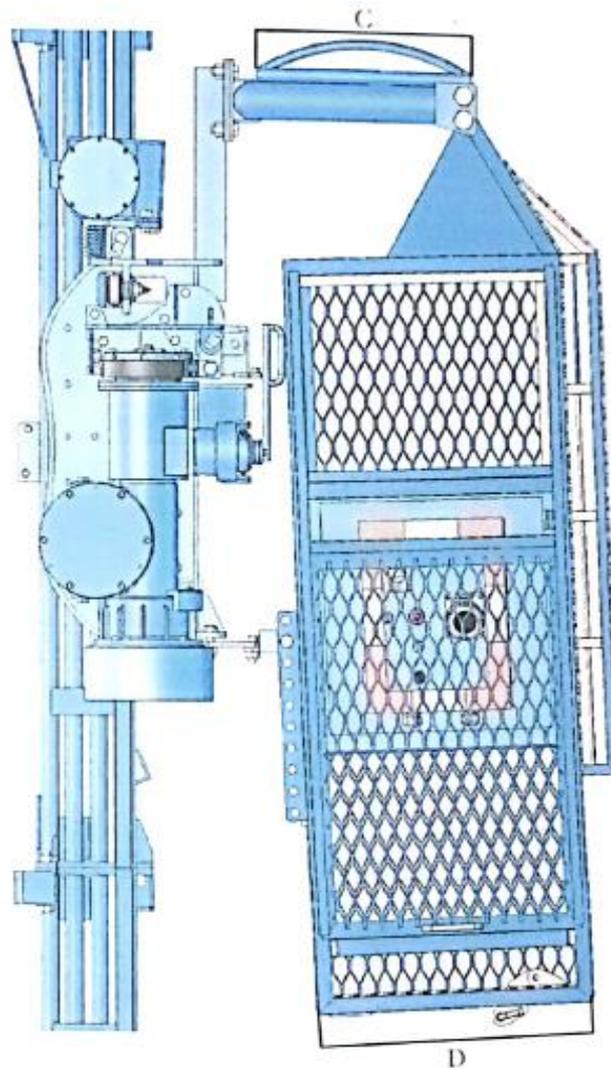
Desventajas:

- Requiere personal capacitado y especializado para su correcta operación.
- Durante el desmontaje del equipo, algunos de sus componentes no pueden ser recuperados, lo que representa una pérdida.
- En proyectos con chimeneas de gran longitud, pueden presentarse problemas técnicos como caída de tensión eléctrica, baja presión de aire y agua, entre otros inconvenientes relacionados con los servicios auxiliares.

2.2.4 Alimak

Es un equipo trepador con plataforma de acero, trepadora, mediante la transmisión, que se desplaza por carriles guías curvados y rectos; por la cual se dispone aire y agua a través de las tuberías de servicios del carril guía, la plataforma puede tener diferente forma y tamaño (SEGECAL,2025).

De acuerdo con el Manual de Instrucciones de LINDEN ALIMAK (2016), el sistema de plataforma trepadora Alimak presenta importantes beneficios en la construcción de chimeneas, aunque también conlleva algunas limitaciones que deben ser consideradas en su implementación.

Figura 6.*Plataforma trepadora Alimak STH 5E**Fuente:* Manual Alimak .

Funciona en un carril guía anclado a la pared que cuelga, usando secciones de carril curvadas de guía, la dirección del recorrido se puede cambiar en cualquier momento; de acuerdo a cada proyecto que se requiera, los carriles llevan servicios de agua, aire, cable eléctrico y línea de aire auxiliar (Castillo, 2015).

a) Tipos de Propulsor Alimak.

- Propulsor Neumático.
- Propulsor Diésel
- Propulsor eléctrico.

b) Consideraciones en la Elección Del Equipo Alimak Para Chimeneas.

Al momento de seleccionar la jaula trepadora Alimak adecuada para la construcción de chimeneas, es fundamental considerar ciertos aspectos técnicos, según lo señalado por LINDEN ALIMAK (2016):

- Condiciones del macizo rocoso: Es necesario evaluar la calidad geomecánica del terreno. Se recomienda un índice RMR de 50, un RQD de 60 y un valor Q de 6, lo que indica que el macizo presenta una calidad entre regular y buena, condiciones aceptables para el uso de este sistema.
- Dimensiones mínimas de la sección: La chimenea debe contar con una sección transversal mínima de 1.80 metros por 1.80 metros, con forma cuadrada, para asegurar la operatividad y seguridad del equipo.
- Longitud mínima de ejecución: Se establece que la chimenea debe tener al menos 50 metros de longitud para justificar el uso de la jaula trepadora, tanto por razones técnicas como de eficiencia.
- Inclinación de la chimenea: La pendiente ideal para el desarrollo de la chimenea debe encontrarse entre los 60° y 90°, lo que permite un funcionamiento óptimo del equipo y facilita el desplazamiento del mismo.

Estas consideraciones permiten asegurar un desempeño eficaz y seguro en la construcción de chimeneas utilizando el sistema Alimak.

2.2.5 Excavación de Chimeneas y Piques

Se realiza en dos etapas en función a su diámetro, además con este método de trabajo se puede realizar proyectos de agrandamiento de sección tanto como de chimeneas (arriba) y piques(abajo), (Castillo, 2015).

- Como primera etapa se realiza la excavación piloto de la chimenea o pique hasta

la conexión de dicha labor (perforación vertical).

- Como segunda etapa se realiza el agrandamiento en su sección, desde la parte inferior hasta el punto de conexión. (perforación horizontal).

a) Jaulas Trepadoras Alimak en Centrales Hidroeléctricas.

En las siguientes figuras se muestra la aplicación de construcción de chimeneas con jaula trepadora Alimak en centrales hidroeléctricas (SEGECAL,2025).

b) Jaulas Trepadoras Alimak en Construcción Civil.

En las siguientes figuras se muestra la aplicación de construcción de chimeneas con jaula trepadora Alimak en construcción civil (SEGECAL,2025).

2.2.6 Características Técnicas del Sistema de Jaulas Trepadoras Alimak

Granados (2010) indica que la máquina Alimak consiste en una plataforma o jaula que asciende por la chimenea utilizando un sistema de cremallera fijado a la pared. Gracias a su notable versatilidad, bajo costo operativo y rapidez, se ha convertido en una herramienta eficiente para la excavación de chimeneas y piques.

Este equipo ha sido diseñado específicamente para operar en inclinaciones que van desde los 45° hasta los 90°, y puede funcionar con distintos sistemas de propulsión: neumático, eléctrico o diésel.

En la actualidad, su uso está ampliamente extendido en la minería subterránea, especialmente en aquellos proyectos donde no se dispone de un acceso superior, siendo además aplicable en diversas etapas del desarrollo minero.

Para la construcción de la chimenea propuesta y de acuerdo a sus características, se ha elegido una plataforma trepadora Alimak, modelo STH-5E de propulsión eléctrica, que consta de dos unidades propulsoras con un motor eléctrico cada una (Salinas, 1998).

La plataforma descenderá por gravedad y las características de este modelo son:

Tabla 2.*Características de jaula trepadora Alimak STH-5E*

DESCRIPCION	unidad	Con una unidad propulsora		
		STH-5L	STH-5E	STH-5D
Área máx. En Ch. vertical	m ²	9	7	6
Área máx. En Ch. de 45° de incl.	m ²	9	10	9
Longitud máx. de ch.	m	150-200	800-900	1100-2000
Velocidad de ascenso	m/min	7 -12	18	22
Velocidad de descenso	m/min	15 -20	20 - 25	20 – 25
Velocidad de descenso por gravedad.	m/min	20 -25	25 – 30	25 - 30
Potencia de motor	hp	17	10	43
Carga máxima	kg	2500	3900	3500

*Fuente: Manual Alimak.***a) Sistema de Frenos:**

- **Freno de Mano:** Funciona como freno de estacionamiento, utilizado para mantener la jaula inmovilizada cuando no está en operación.
- **Freno Centrífugo:** Diseñado para controlar el descenso por gravedad, este freno regula la velocidad, limitándola entre 25 y 30 metros por minuto para garantizar un desplazamiento seguro.
- **Freno GA5:** Sistema Automático de Paracaídas: Este mecanismo se activa mediante un engranaje acoplado a la cremallera del riel guía y entra en funcionamiento automáticamente si la velocidad de la jaula supera los 0,9 metros por segundo, actuando como sistema de seguridad adicional.

2.2.7 Accesorios y Componentes del Equipo Alimak

La plataforma de trabajo sirve como medio de transporte al sitio o tope de la chimenea, la cual funciona en un carril guía anclado a la pared de la chimenea, usando secciones de carril

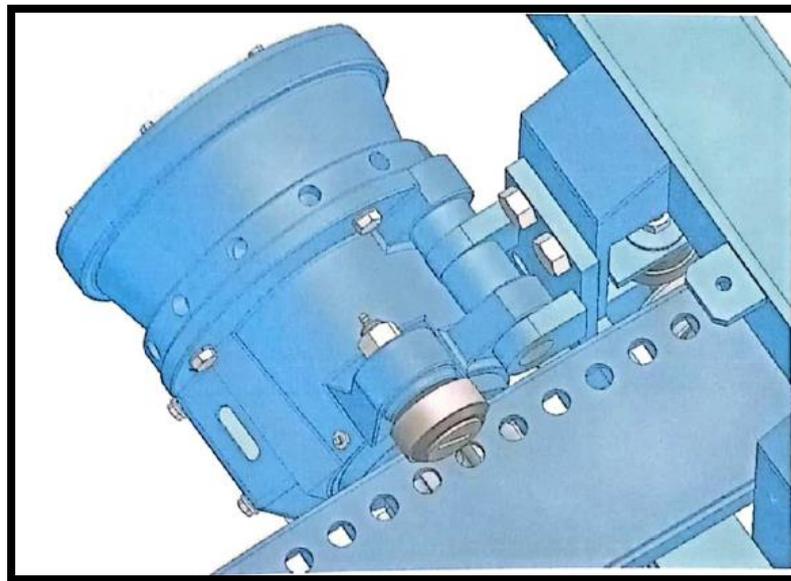
curvadas como guía, la dirección del recorrido se puede cambiar en cualquier momento; de acuerdo a cada proyecto que se requiera (Vílchez, 2015). En los carriles llevan los servicios de agua, aire, cable eléctrico y línea de aire auxiliar; además, la plataforma puede tener diferente forma y tamaño según la sección que se requiera.

a) GA5 – Paracaídas.

Dispositivo de frenado automático de emergencia, el GA5 automáticamente reducirá la velocidad y frenará la jaula trepadora en caso de que su velocidad exceda los 54m/min.

Figura 7.

GA5-paracaidas



Fuente: Manual Alimak

b) Cabezal de Perforación o Lubricación.

Accesorio importante para la perforación, que se monta en el último carril, que sirve como medio de suministro de los servicios básicos para la perforación, con capacidad para dos Máquinas perforadoras (Llanque, 2012).

c) Cabezal de Disparo.

Accesorio que sirve como protector de las tuberías de servicio durante la voladura, además cumple funciones como medio de ventilación, regadío después de la voladura (Hoek, 2002).

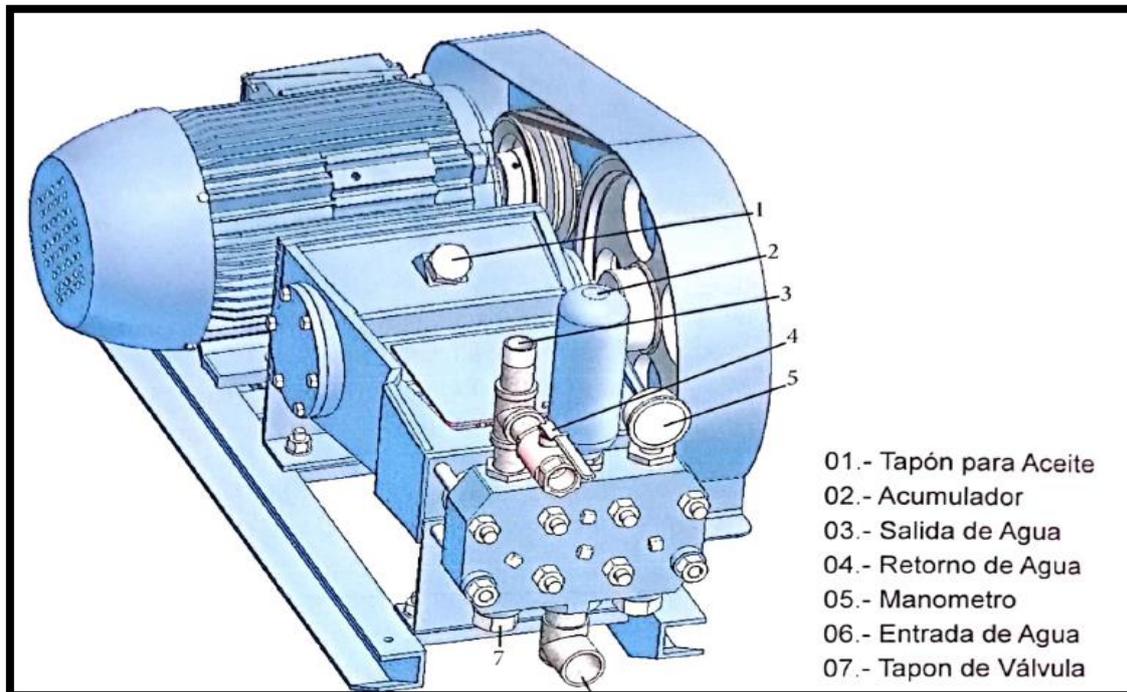
d) Bomba de Agua.

Según Salinas (1998), la bomba de agua utilizada en operaciones de perforación está conformada por un sistema de pistones que funcionan a través de una polea. Este mecanismo se activa especialmente cuando la presión disponible no es suficiente, situación común a medida que la chimenea incrementa su altura. La bomba permite mantener un flujo constante de agua necesario para las labores de perforación, y presenta las siguientes especificaciones técnicas:

- Velocidad de operación: entre 400 y 700 rpm.
- Capacidad de succión: entre 76 y 133 litros por minuto.
- Presión de trabajo: entre 20 y 50 kg/cm².
- Potencia del equipo: 15 caballos de fuerza (HP).

Figura 8.

Bomba eléctrica



Fuente: Manual Alimak

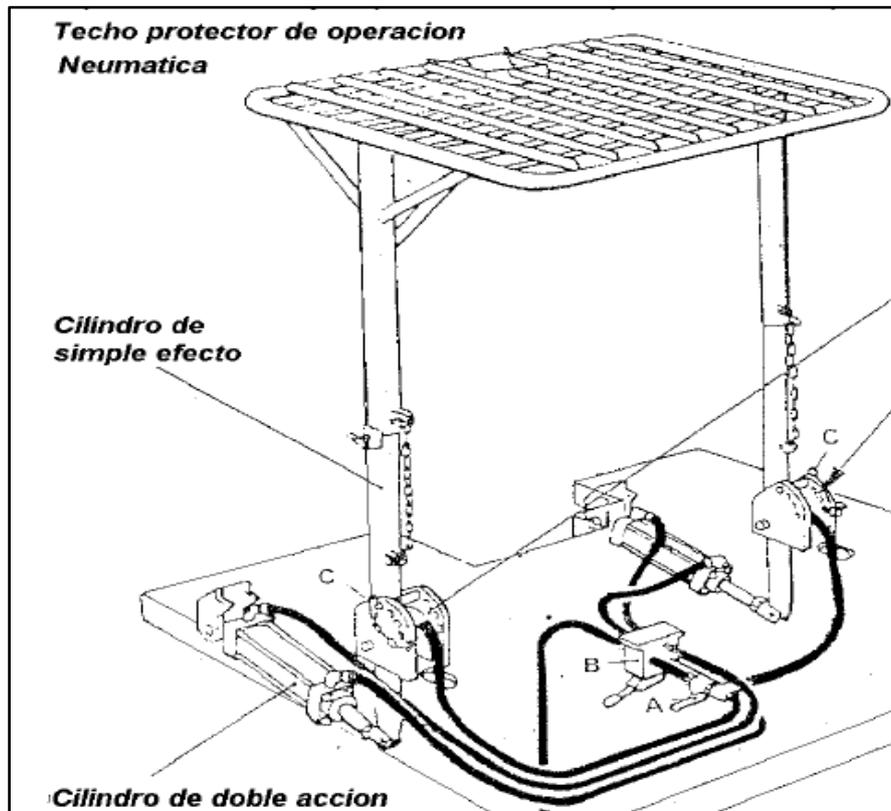
e) Plataforma.

Según (SEGECAL,2025). la plataforma utilizada puede variar tanto en forma como en tamaño, adaptándose a las necesidades del proyecto. La más grande registrada hasta la fecha ha alcanzado una superficie de 30 m². Esta estructura incluye una puerta de acceso, alas plegables y compartimentos para almacenar herramientas como barras de perforación, barretillas y atacadores. Su función principal es servir como base de trabajo durante la excavación, y en ella también se instala un techo protector o guarda cabeza para la seguridad del personal. Los modelos estándar de plataformas de trabajo se presentan en las siguientes formas:

- **Cuadradas**, con dimensiones que van desde 1,60 x 1,60 metros hasta 4,0 x 4,0 metros.
- **Rectangulares**, diseñadas de acuerdo con los requerimientos específicos de cada proyecto.
- **Circulares**, disponibles en diversos diámetros según la aplicación.

f) Guarda Cabeza.

Según Catare (2011), uno de los componentes clave del sistema en términos de seguridad es el llamado "*guarda cabezas*", cuya función principal es proteger al personal de posibles impactos por caída de rocas. Este dispositivo está construido en acero y consta de dos soportes firmemente instalados sobre la plataforma. Adicionalmente, incluye una cubierta resistente con estructura enmallada que actúa como escudo protector, evitando que los fragmentos o rocas lleguen a golpear directamente a los trabajadores durante las labores en la chimenea.

Figura 9.*Guarda cabeza o techo protector**Fuente: Manual Alimak***g) Ángulo de Soporte.**

Elemento importante que sirve para anclar los carriles a la roca mediante los pernos de expansión (Catare, 2011).

h) Perno de Expansión

Elemento de anclaje de 4' para los carriles, estos pernos permiten fijarse mejor a los carriles y la roca.

i) Espaciador

Elemento complementario a los ángulos de soporte, que sirve como regulador de distancia entre carril y roca; estos espaciadores tienen dimensiones variables: 10, 20, 30, 40 y 50 cm.

j) Central Múltiple.

Este accesorio sirve como control de los servicios básicos como agua y aire. Se trata de una válvula de doble función que regula el suministro de aire como de agua para la perforación.

Figura 10.

Central múltiple de agua y aire.



Fuente: Fotografía propia – Unidad Minera Inmaculada.

k) Jaula

Elemento importante del sistema, que sirve como medio de transporte del personal, durante el ascenso y descenso del equipo Alimak, con capacidad para 3 personas (Enríquez, 2019). La jaula se encuentra suspendida de la plataforma en la parte inferior, lo que permite que pueda inclinarse para adaptarse a una chimenea que tenga una pendiente.

l) Tablero Eléctrico

Accesorio principal que permite el control eléctrico del equipo trepador Alimak.

Figura 11.

Tablero principal



Fuente: Fotografía propia – Unidad Minera Inmaculada

m) Tambora

Accesorio que contiene el cable de energía eléctrica y funciona mediante la ayuda de un motor neumático para su enrollamiento y desenrollamiento, durante el descenso y ascenso respectivamente.

Figura 12.

Tambora.



Fuente: fotografía propia – Unidad Minera Inmaculada.

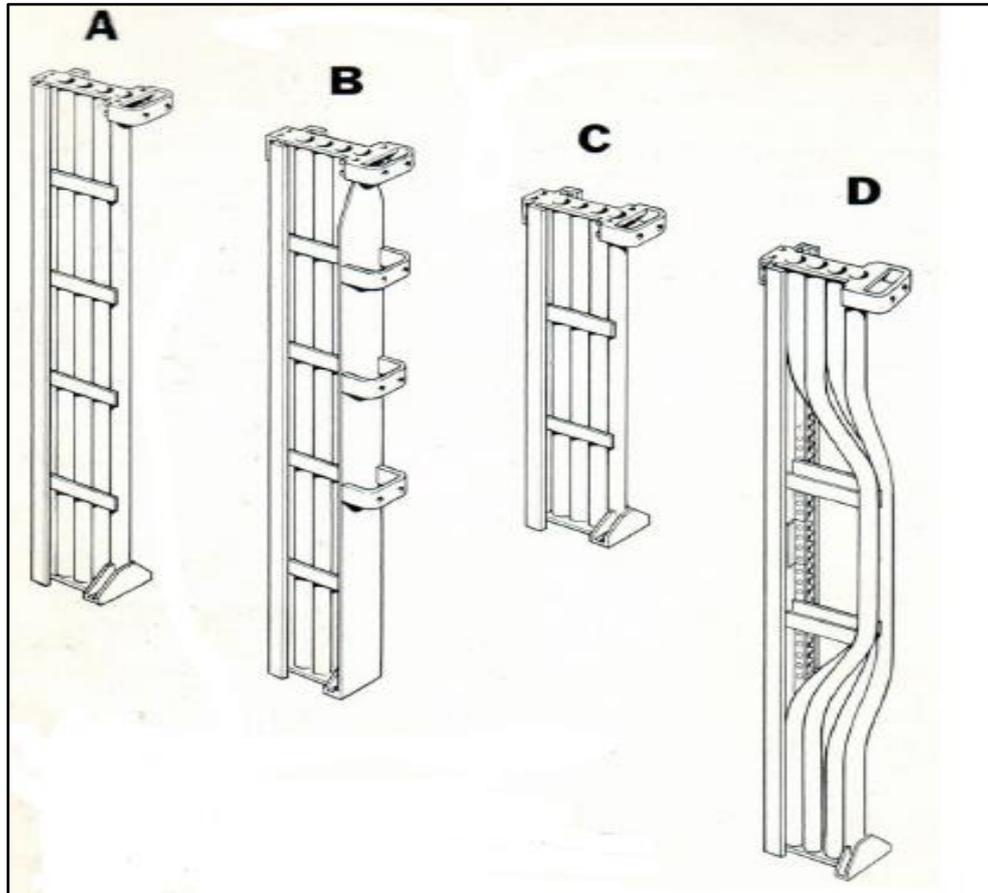
n) Transmisión

Transmisión Con piñones engranados a la cremallera de linterna del carril guía la propulsión que en este caso es mediante accionamiento eléctrico, un elemento importante es el freno centrífugo que limita la velocidad de la plataforma trepadora en descenso por gravedad (Catare, 2011).

o) Carriles

Según Catare (2011), estos componentes desempeñan un papel fundamental en el Sistema Alimak, ya que permiten el transporte de servicios esenciales como agua, aire comprimido y energía eléctrica. Tal como se observa en la ilustración correspondiente, se emplean cuatro conductos: dos destinados al suministro de aire, uno para agua y otro para el cableado eléctrico. Además de su función en la distribución de estos servicios, estos elementos también actúan como guías que facilitan y estabilizan el movimiento de ascenso y descenso de la jaula trepadora.

1. **Carril Guía.** Estos carriles son de 2 metros y son los más utilizados en un proyecto, el carril de Avance o Carril Guía, es el más usado en chimeneas Alimak, Considerado como el carril que sirve de camino a la plataforma trepadora, su longitud es de 2 metros (SEGECAL,2025).
2. **Carril de Seguridad.** Estos carriles se utilizan como medida de seguridad, pues se anclan con dos pernos más en comparación de los carriles guía, se anclan cada 25 metros de avance.
3. **Carril de Servicio.** Este carril se caracteriza por presentar las tuberías ligeramente levantados con el propósito realizar mantenimiento y/o reparación del equipo trepador.
4. **Carril de Avance.** Los carriles de avance son similares a los carriles guía de 2 m, a excepción que estos tienen 1 metro de longitud.

Figura 13.*Carriles.**Fuente: Manual Alimak.***p) Carril Curvo.**

Según Enríquez (2019), estos componentes permiten realizar excavaciones con un ángulo de inclinación específico. Por ejemplo, si se desea construir una chimenea completamente vertical de 90° , se requeriría el uso de tres carriles con curvatura de 25° , uno adicional de 8° para la entrada y otro de 8° para la salida. Existen cuatro tipos principales de carriles curvos utilizados para ajustar la dirección de la chimenea:

- Carril curvo de 3°
- Carril curvo de 7°
- Carril curvo de 8°
- Carril curvo de 25°

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación y Nivel de Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es Aplicada, debido a que trabaja de acuerdo a resultados y conclusiones de investigaciones básicas, utiliza, además, el método de observación, con el fin de dar solución a los problemas planteados, en la construcción de chimenea Raise Climber con jaula trepadora Alimak.

3.1.2 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es evaluativo y correlacional porque busca describir y explicar de manera correlativa la construcción de la Chimenea y los beneficios de esta.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población está constituida por las construcciones de las anteriores chimeneas Raise Climber a través de jaulas trepadoras Alimak en la Unidad Minera Inmaculada.

3.2.2 Muestra

Para el caso del estudio se tomará como muestra por conveniencia, por ser una muestra no probabilística, la construcción de la chimenea Raise Climber CH-126.2 NV-4345 en la Unidad Minera Inmaculada.

3.3 Técnicas e Instrumentos Para la Recolección de Datos.

3.3.1 Técnicas

- a) Revisión documental: Se empleó la recopilación y análisis de información existente en fuentes bibliográficas, cuaderno de obras, manuales técnicos, normativas y antecedentes relacionados con el tema de estudio.
- b) Trabajo de campo: Mapeos geomecánicos y geológicos, se aplicaron técnicas de

levantamiento de datos estructurales y geológicos del macizo rocoso, permitiendo una caracterización precisa del terreno.

- c) Observación directa: Se realizó observación directa en el área de estudio para obtener información empírica sobre las condiciones reales del entorno.

3.3.2 Instrumentos

- a) Ficha documental: Herramienta utilizada para registrar información relevante extraída de fuentes secundarias.
- b) Cuaderno de apuntes: Se utilizó para anotar observaciones, mediciones y detalles importantes recopilados durante el trabajo de campo.
- c) Fotografías y videos: Material audiovisual empleado para documentar visualmente las condiciones del terreno, estructuras, equipos y procedimientos observados durante la investigación.

3.4 Procesamiento y Análisis de Datos

La información recopilada será sometida a un proceso de evaluación y análisis técnico con el propósito de alcanzar el objetivo principal: optimizar el avance en la construcción de chimeneas mediante el uso de cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5E, aplicado en la Unidad Minera Inmaculada de HOCHSCHILD MINING. Para ello, los datos obtenidos serán procesados y analizados utilizando las siguientes herramientas.

- **Microsoft Excel:** Para organizar, sistematizar y realizar cálculos estadísticos y comparativos que faciliten la interpretación de los datos.
- **Microsoft Project:** Para la planificación, programación y control del avance del proyecto, permitiendo visualizar cronogramas y rendimientos.
- **AutoCAD:** Para elaborar planos técnicos, representar gráficamente las estructuras y validar el diseño y distribución de los cuadros metálicos dentro del sistema de construcción.

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS CON CUADRO METÁLICO

4.1 Diseño de la Chimenea 126.2

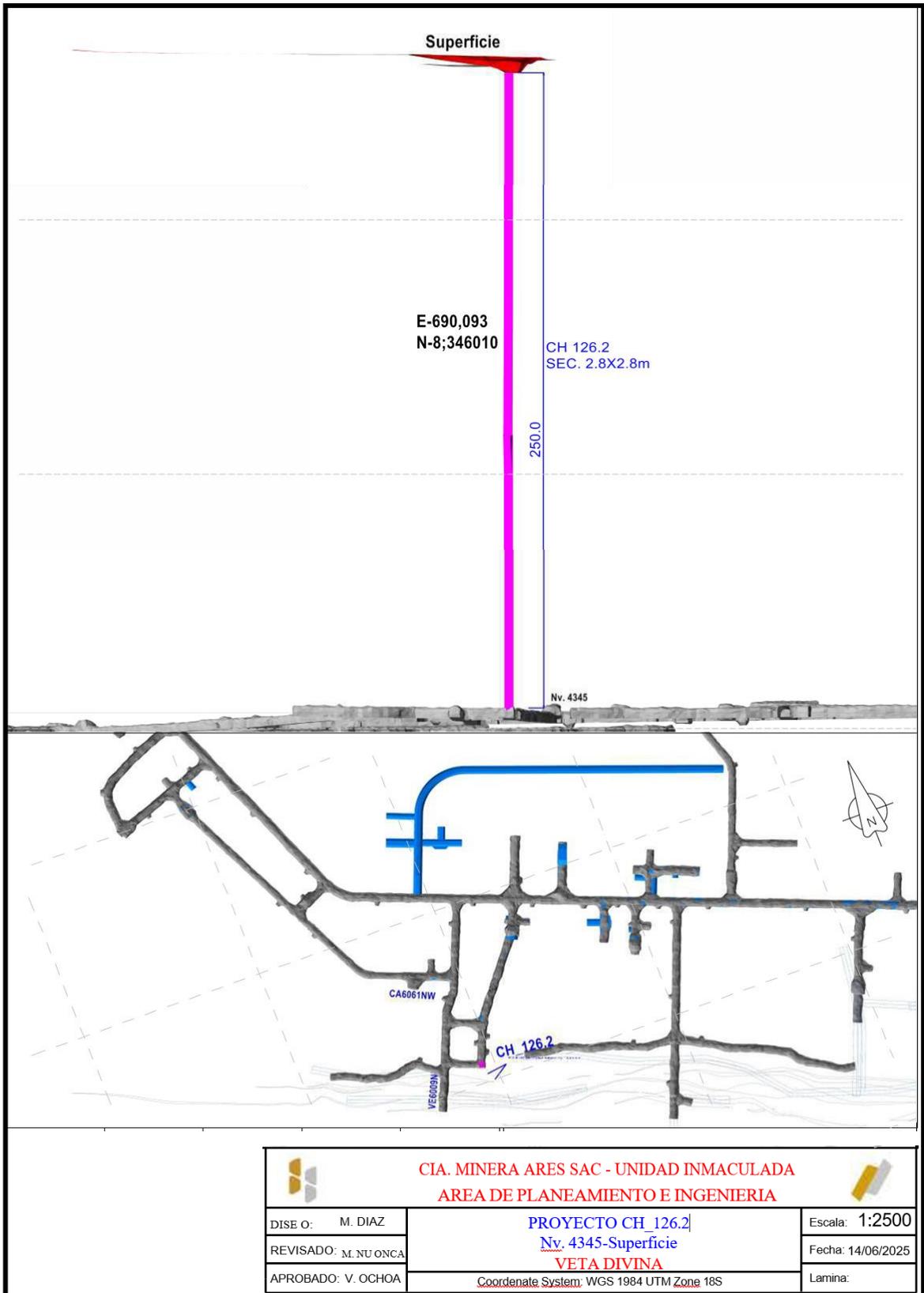
El diseño de una chimenea en minería subterránea es un procedimiento de ingeniería a través del cual se planifica y desarrolla la estructura, dimensiones, ubicación y características necesarias para la construcción de un conducto vertical o inclinado (Salinas, 1998). El diseño de una chimenea en minería subterránea involucra consideraciones geomecánicas, de seguridad, de flujo de aire, de estabilidad estructural y de cumplimiento normativo para garantizar la eficiencia y la seguridad operacional en un ambiente subterráneo (Hoek, 2002).

4.1.1 Ubicación de la Chimenea 126.2

La construcción de la chimenea 126.2 iniciara en VE 6009NE del nivel 4345, ubicado en zona divina, en las coordenadas UTM 690,093.000 E – 8,346,010.000 N. La chimenea comunicara a nivel 4700 superficie, con coordenadas UTM 690,093.000 E – 8,346,010.000 N.

Figura 14.

Plano de proyecto Chimenea -126.2



CIA. MINERA ARES SAC - UNIDAD INMACULADA AREA DE PLANEAMIENTO E INGENIERIA		
DISEÑO: M. DIAZ	PROYECTO CH_126.2 <u>Nv. 4345-Superficie</u> VETA DIVINA	Escala: 1:2500
REVISADO: M. NU ONCA	Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S	Fecha: 14/06/2025
APROBADO: V. OCHOA		Lamina:

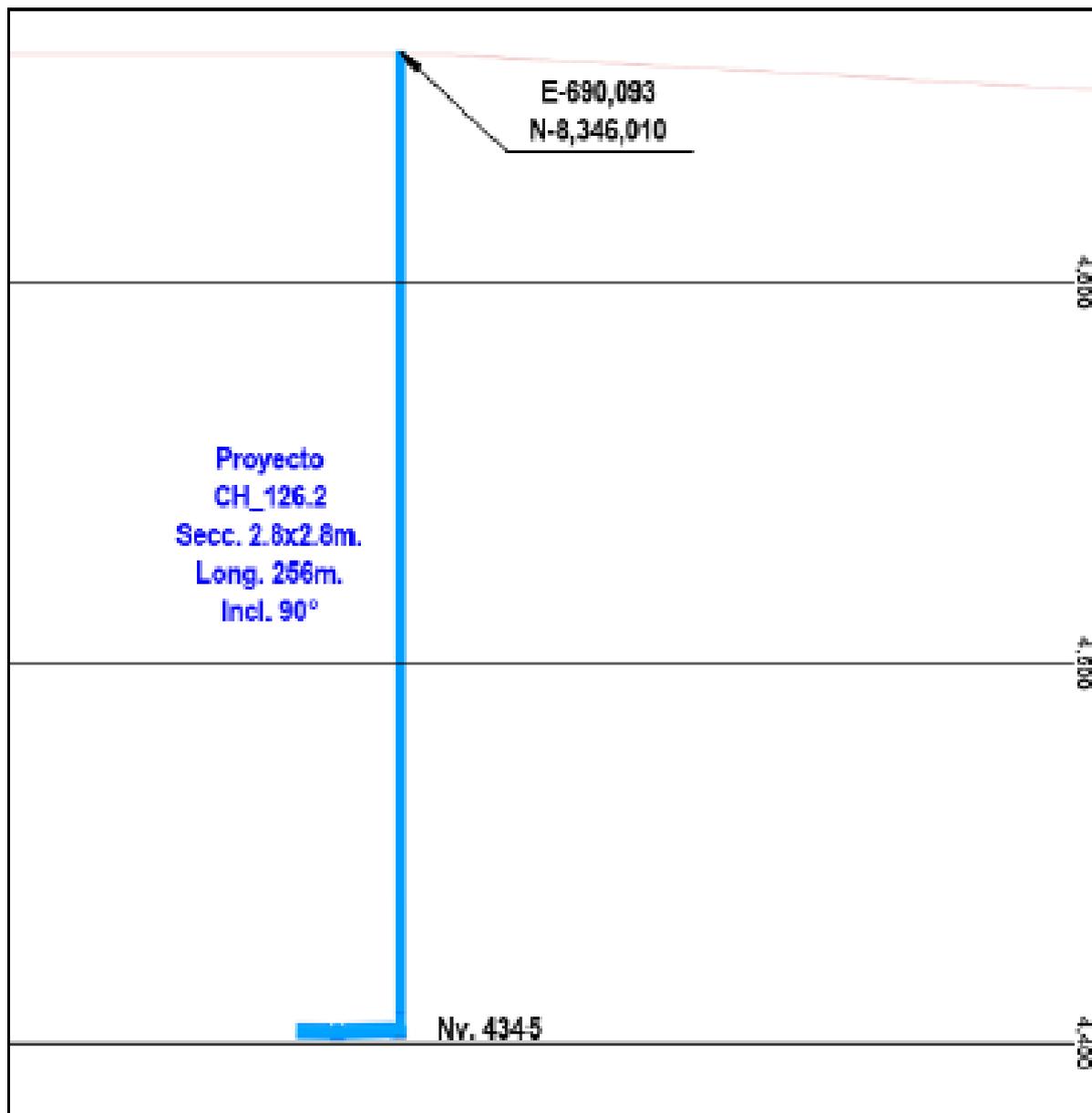
Fuente: Área de Planeamiento – Unidad Minera Inmaculada.

4.1.2 Longitud e Inclinación de la Chimenea – 126.2

La longitud directa y perpendicular de la chimenea, desde la superficie hasta la VE 6009 NE, es de 256 m. y la inclinación que corresponde a la chimenea 126,2 es de 90° respecto a la horizontal.

Figura 15.

Longitud e inclinación de la Chimenea – 126.2.



Fuente: Área de Planeamiento – Unidad Minera Inmaculada.

4.1.3 Parámetros de Diseño de la Chimenea – 126.2

Los parámetros de diseño para la construcción de la Chimenea – 126.2 son:

- Longitud aproximada: 256 m.
- Sección cuadrada de: 2.80m x 2.80m
- Inclinación: 90°
- Tipo de roca: IIIB, IVA, IVB, V

4.2 Diseño de Cámara Para el Equipo Alimak

El diseño de la cámara para el equipo trepador Alimak, cuenta con dos cámaras de accesos: cámara de Alimak y cámara de limpieza de la chimenea.

4.2.1 Cámara de Alimak

Es una cámara con las siguientes dimensiones 4m x 3.5m x 25 m. de longitud, donde se instala el equipo trepador Alimak principal y auxiliar, componentes auxiliares, carril de servicios y dos carriles guía de 2 metros, además, funcionará como el punto de acceso para la subida y bajada del personal a la jaula. Asimismo, se utilizará este espacio para llevar a cabo las tareas de mantenimiento y reparación del equipo trepador Alimak.

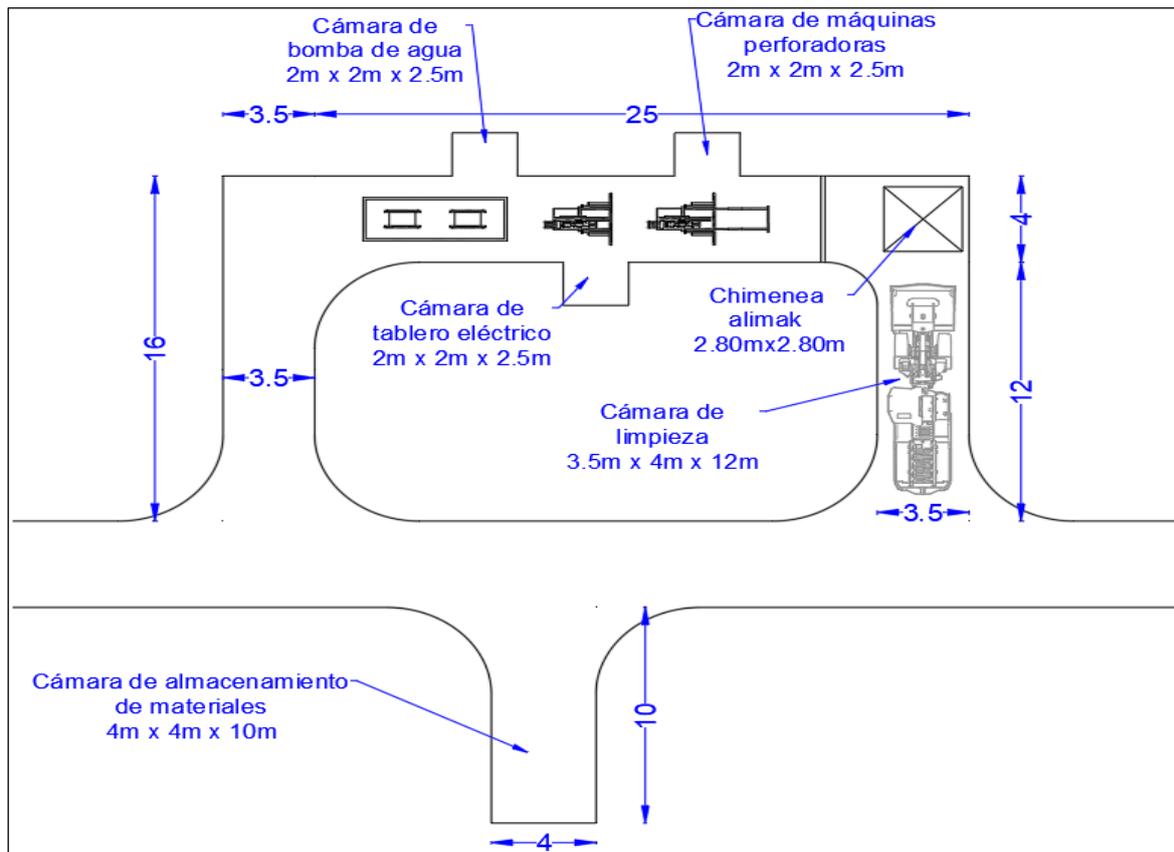
También tendrá 03 estocadas de servicio de 2m x 2m y longitud de 2.5 m. donde se instalará tablero eléctrico, bomba de agua y maquinas perforadoras.

4.2.2 Cámara de Limpieza de Chimenea

Es una Cámara de ingreso del scooptrams para la limpieza de carga de la chimenea, tiene una dimensión de 3.5mx3.5m y longitud de 25m conectado a la cámara de Alimak.

Figura 16.

Diseño de cámara para el equipo Alimak



Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Construcción de la Chimenea Piloto

Según Vílchez (2015), la excavación inicial de la chimenea piloto se realiza mediante métodos convencionales y debe contar con una longitud mínima de 5 metros, respetando las dimensiones establecidas por los parámetros del diseño de la chimenea. Esta etapa preliminar de la construcción de la chimenea cumple con los siguientes propósitos fundamentales:

- **Definir la inclinación topográfica de la chimenea**, permitiendo establecer con precisión su orientación y pendiente.
- **Colocar los carriles curvos en la base de la chimenea**, lo que facilita el desplazamiento de la jaula trepadora Alimak desde la cámara hasta el frente de trabajo, ya sea en posición vertical o sub vertical.

- **Instalar el riel inicial reforzado** en el punto de inicio de la excavación, siguiendo el azimut y la inclinación final planificados, garantizando así una estructura de rieles firme y correctamente alineada para el ascenso seguro del sistema.

4.3 Sellada de la Chimenea Piloto

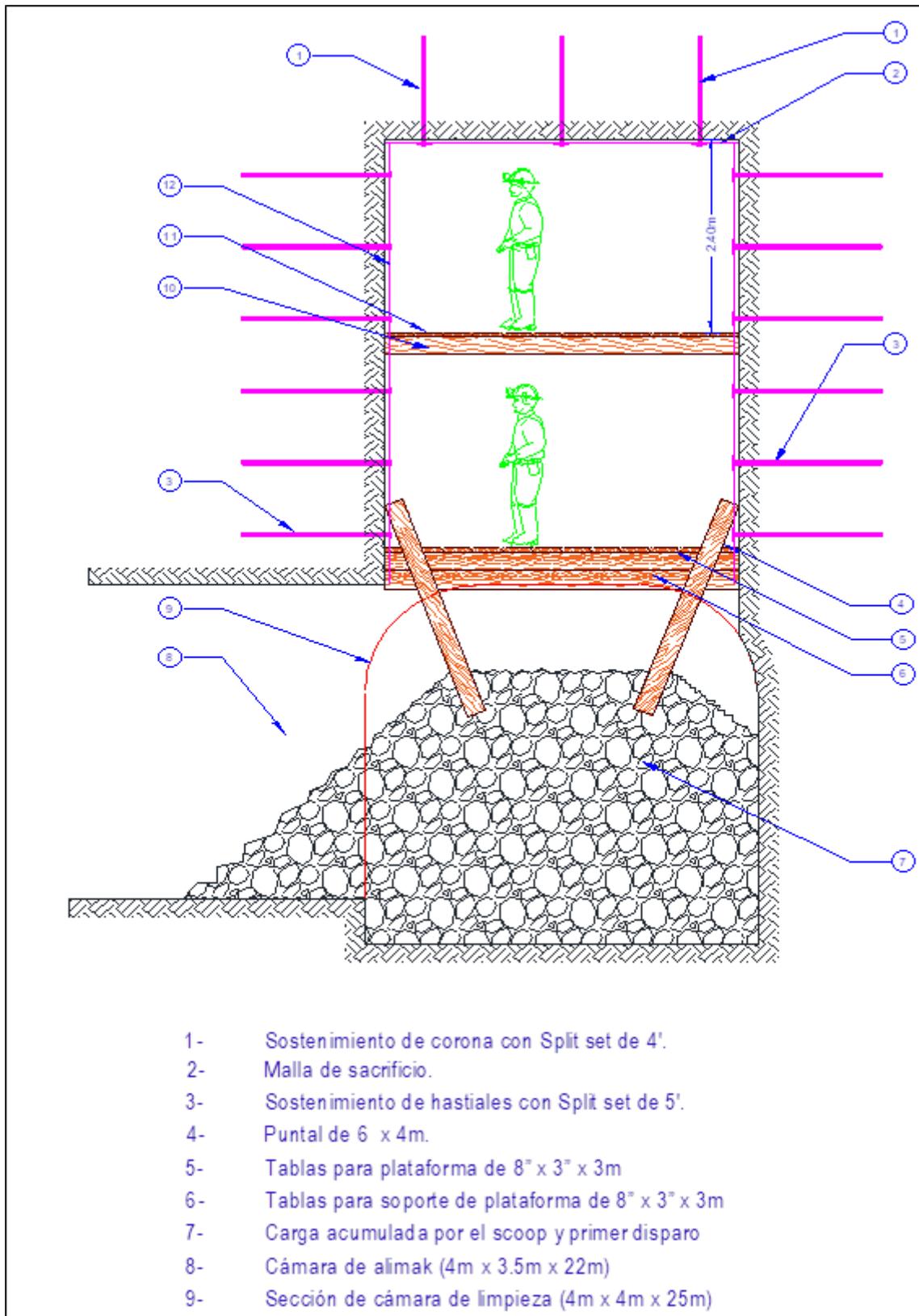
El área de topografía marca el centro, contorno y eje de la chimenea piloto con el fin de realizar la perforación y voladura con una adecuada malla de perforación. Para la sellada de la chimenea piloto se perforará una longitud de 8 pies.

luego de la sellada de la chimenea se solicita una evaluación geomecánica para el sostenimiento de corona y hastiales. Dicho sostenimiento se realiza sobre la carga del primer disparo, de ser necesario se arma una plataforma de trabajo de forma convencional con puntales de 4m x 6" de Ø y tablas de 30cm x 2" x 3m.

posteriormente se sostiene la corona con malla electrosoldada de 3" x 3" de alambre N.º 10 más Split set de 4' espaciados 1.0m x 1.0m según recomendación geomecánica, la distribución de los Split set en la malla de sacrificio cuenta con 13 Split set, espaciados y distribuidos según recomendación geomecánica.

Culminado el sostenimiento se ejecuta la perforación de 8 pies para el segundo disparo de chimenea piloto. Para el sostenimiento del segundo disparo de la chimenea piloto se arma una plataforma de trabajo con puntales de 6" Ø x 4m y tablas de 8" x 2" x 3m. de ser necesario se arma una segunda plataforma con cacho de toro y tablas. Se sostiene hastiales y corona con malla electrosoldada más Split set, según recomendación geomecánica.

Figura 17.
sellada de la chimenea piloto



Fuente: Elaboración propia

4.4 Instalación de Carril Curvo en Chimenea Piloto

Para la instalación de carril curvo se solicita al área de topografía el marcado del eje, contorno y centro de la chimenea, también se marca para la cola de carril curvo.

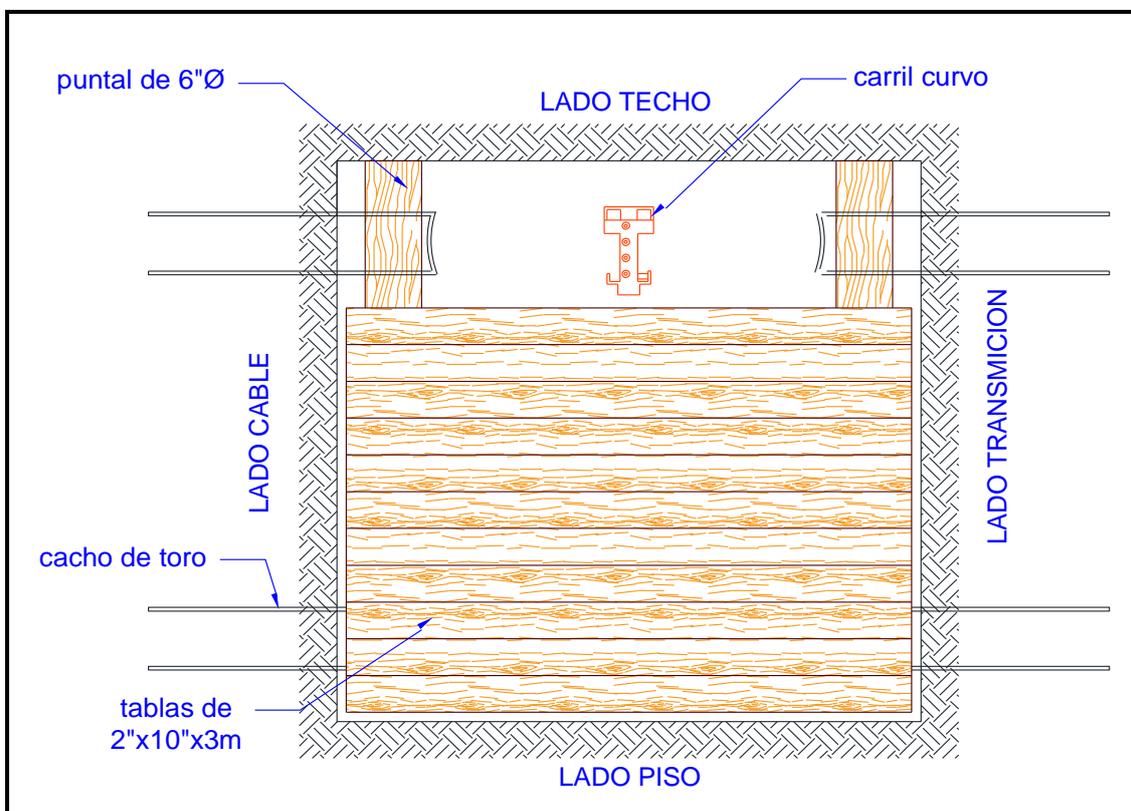
La instalación de carril curvo se ejecuta sobre una carga acumulada por scooptram, esta carga servirá de plataforma de trabajo para facilitar los trabajos de anclado de carril curvo.

Se instala la primera plataforma de trabajo con tablas de 8" x 2" x 3m y puntal de 6Ø x 4m para la segunda plataforma se usará cachos de toro, tablas y puntales, estas plataformas de trabajo servirán para el anclaje y direccionar el carril a la misma dirección de chimenea con la ayuda del clinómetro y nivel de mano.

Para presentar el carril curvo se colocan 2 pernos de expansión con argolla, en el techo de la cámara y tope de la chimenea piloto, se coloca un tecla de 2 toneladas en cada perno de expansión luego se realiza el izaje correspondiente.

Figura 18.

plataforma para la instalación de carril curvo



Fuente: Elaboración propia.

Una vez presentado el carril curvo con toda la combinación de carriles curvos se procede el anclado con pernos de expansión.

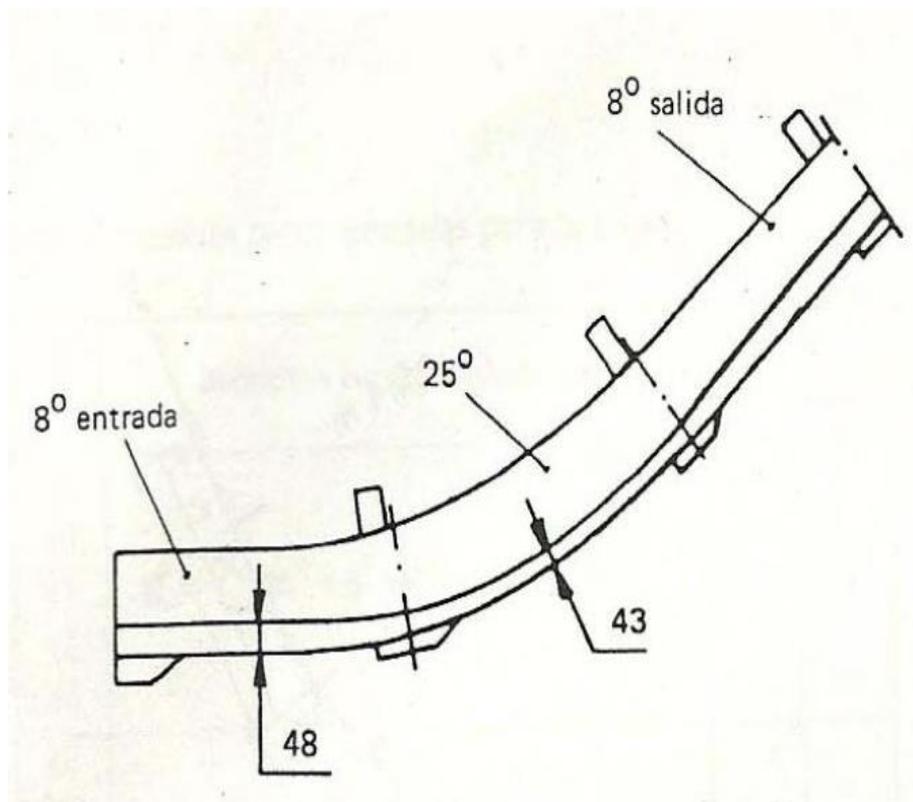
En la cámara donde se instalará la jaula trepadora Alimak se arman los carriles curvos de 1 metro, combinándolos de acuerdo al ángulo de inclinación de la chimenea.

Para chimenea con inclinación a 90° se arma el curvo con las siguientes combinaciones de carriles curvos: 8° entrada + 25° + 25° + 25° + 8° salida.

Siempre se instalará un carril curvo de 8° entrada antes de uno o más carriles curvos de 25° , también siempre se instalará carriles curvos de 8° salida después de uno o más carriles curvos de 25° . En consecuencia, nunca se instalará carriles curvos de 7° y 3° o carriles rectos empalmados directamente a un carril curvo de 25° .

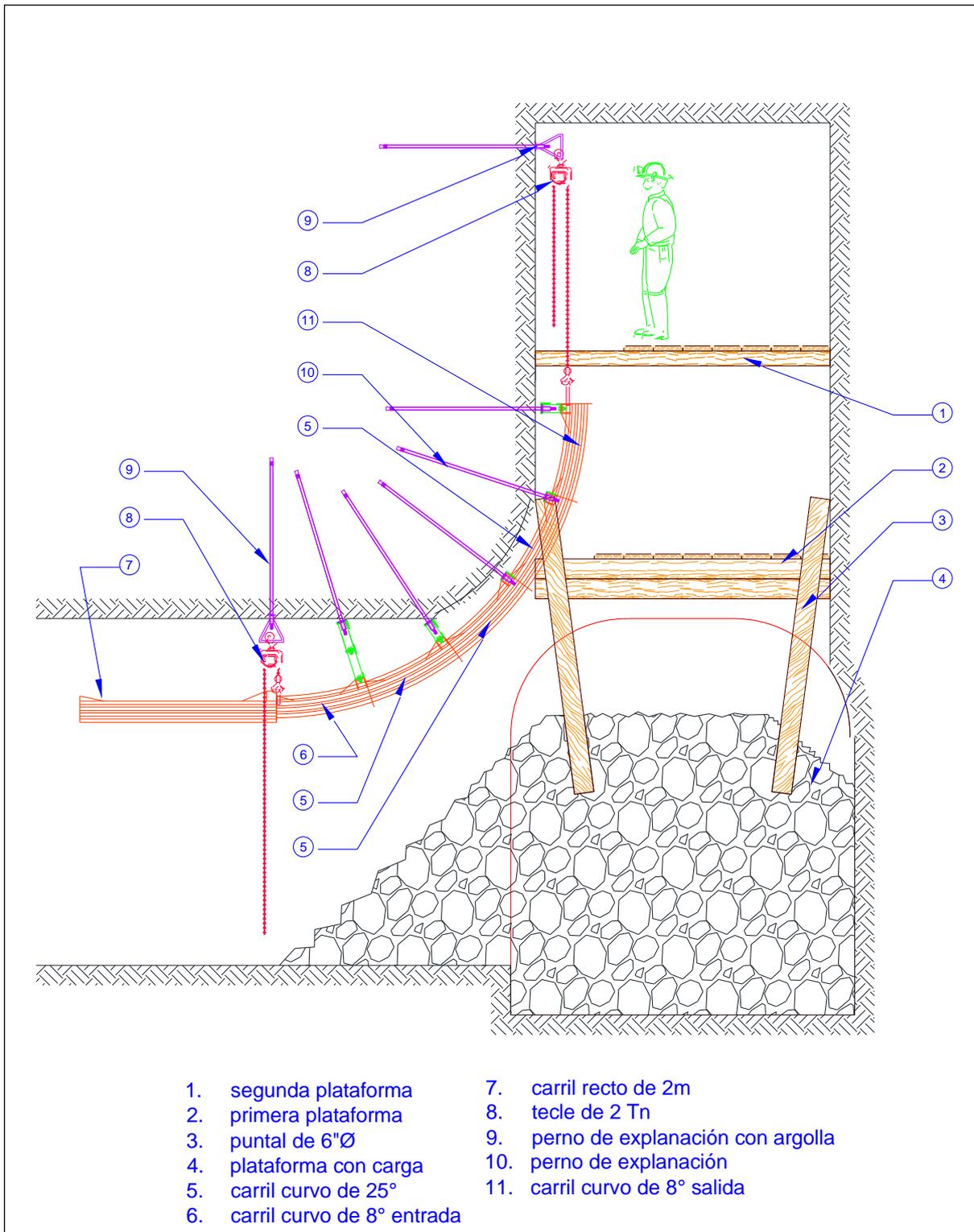
Figura 19.

combinación de carril curvo



Fuente: Manual de Alimak

Figura 20.
Instalación de carril curvo



Fuente: Elaboración propia

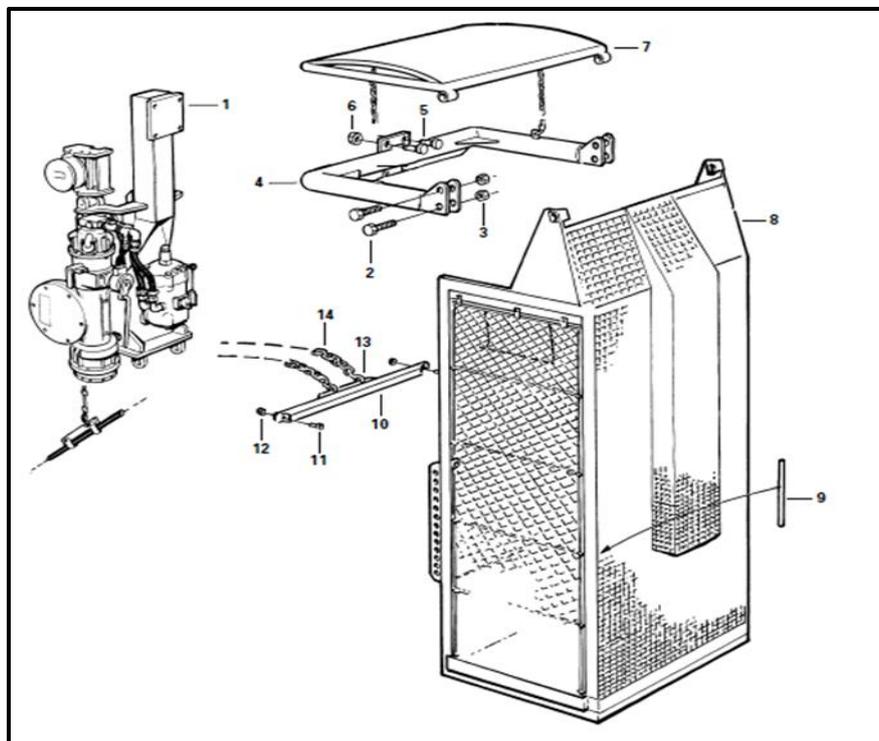
4.5 Instalación de Componentes del Equipo Alimak

Para el montaje del equipo trepador se realizará con apoyo de 02 tecele de 2 Toneladas anclada en el techo de la labor con perno helicoidal de 5'x 25mm, utilizando el tecele de 2 toneladas se procede con el montaje de la "H", con un carril de la cola se sube la transmisión del equipo principal, haciendo uso del tecele y el perno de expansión con argolla luego se coloca el YUGO y se une con la H.

Luego iniciar con el montaje de la plataforma haciendo uso del tecele, luego se unen con sus respectivos bastidores o brazos telescópicos y luego colocar la jaula principal graduando sus brazos de acuerdo con la inclinación del proyecto. En seguida se instala los frenos de equipo Alimak (GA-5, freno centrifugo superior e inferior), se instalará el motor eléctrico de 15HP de propulsión a la jaula principal y auxiliar, se anclará en el eje del piso de la cámara las tamboras de cable auto soportado del Alimak principal y auxiliar.

Figura 21.

Instalación de componentes del equipo Alimak



Fuente: Manual Alimak

4.6 Ciclo de Excavación

La excavación de la chimenea 126,2 se ejecutará con el equipo trepador Alimak STH-5E de propulsión eléctrica, el trabajo estará dividido en 2 guardias por día compuesto por un grupo de 7 trabajadores por equipo.

4.6.1 Perforación y Carguío de Taladros

La operación de perforación se realizará con la perforadora neumática Stoper utilizando juegos de barrenos de 2', 4', 6' y 8' y brocas de 36mm y 38 mm,

Los cartuchos de Emulnor, junto con sus accesorios correspondientes, serán introducidos en los taladros, estos taladros estarán conectados a una línea de disparo compuesta por cordones detonantes que se activan mediante fulminantes eléctricos.

4.6.2 Descenso de la Plataforma y Voladura

Después de cargar los taladros con explosivos, antes de realizar la voladura, es necesario que la plataforma descienda de la chimenea por gravedad, evitando el uso de la propulsión eléctrica debido al riesgo de una posible detonación.

Esto se hace con el propósito de proteger tanto el equipo como a los trabajadores de posibles caídas de rocas provocadas por la explosión.

Una vez que el personal y los equipos han evacuado el frente de trabajo, se procede a conectar el dispositivo detonante y se lleva a cabo la voladura.

El material roto por la voladura caerá naturalmente al punto de partida de dicha labor debido a la fuerza de la gravedad, para posterior limpieza con el Scoop.

4.6.3 Ventilación y Regado

Después de cada disparo, es necesario llevar a cabo una ventilación eficiente y humedecer la chimenea utilizando aire comprimido y agua, controlados a través de una válvula múltiple.

4.6.4 Ascenso de la Plataforma y Desatado de Rocas

Completada la ventilación y el regado de la chimenea, el equipo trepador Alimak asciende con los trabajadores para realizar el desatado de rocas sueltas en frente y columna de la chimenea.

El desatado de rocas se realizará entre dos personas, las cuales previamente han sido entrenadas. Mientras un colaborador este desatando el otro colaborador debe estar atento y observando cualquier indicio de caída de rocas para alertar al desatador, ambos deben estar ubicados en un lugar seguro (bajo el guarda cabeza).

Después del desatado de rocas sueltas y asegurarse de que el área esté segura, se procede a instalar el siguiente tramo del carril guía que posibilita la subida y bajada de la plataforma, estos rieles se sujetan con pernos de anclaje utilizando una máquina perforadora Jack Leg, y así se continúa con el ciclo de excavación.

4.7 Diseño de Malla de Perforación y Voladura

4.7.1 Diseño de Malla de Perforación

En minería subterránea se utilizan diferentes mallas de perforación y depende de: La sección del frente, Tipo de roca, Granulometría del material disparado y Tipo de explosivo. (EXSA, 2009).

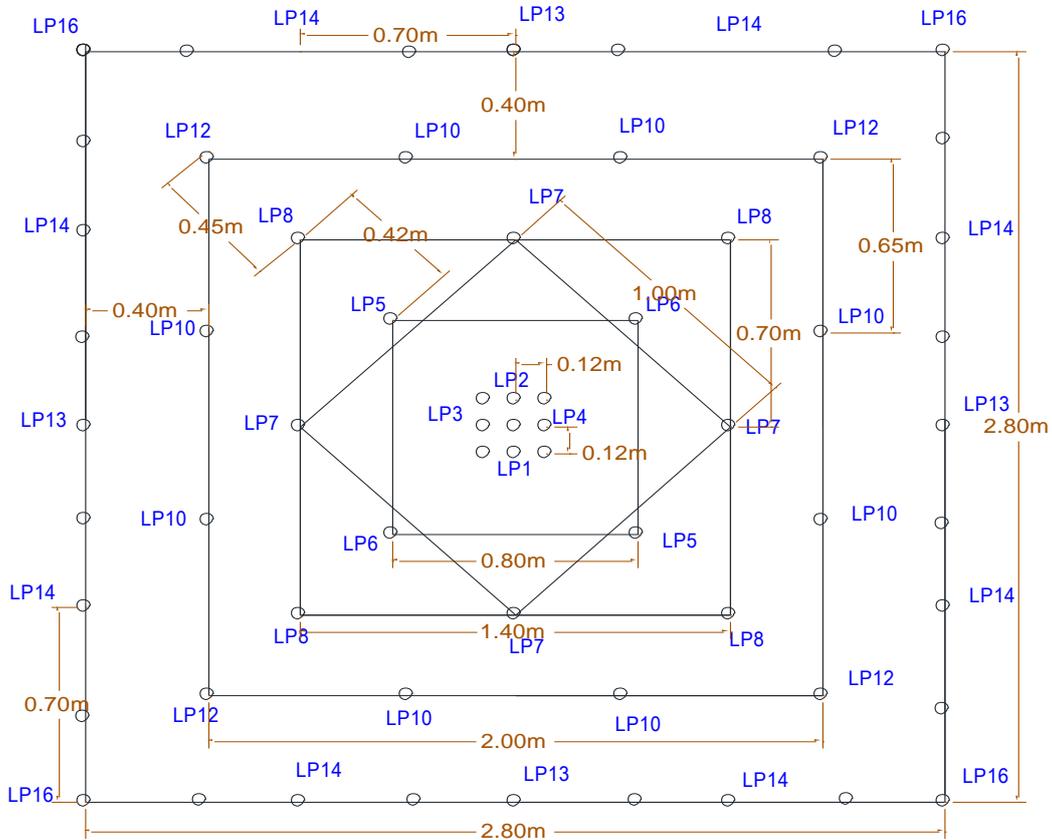
Los esquemas de perforación en chimeneas generalmente tienen como componentes al arranque, las ayudas y los desquinces.

Los arranques sirven para crear una nueva cara libre, las ayudas tienen la función de ampliar la cara libre y los desquinces definen la sección final de la labor, para la construcción de la chimenea 126.2 se usará el arranque paralelo el cual se basa en la perforación de taladros paralelos a las paredes de la chimenea.

4.7.2 Parámetros y Eficiencias de Perforación y Voladura

Figura 22.

Malla de perforación sección 2.8mx2.8m, roca tipo IVB, 6pies



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.

Parámetros y eficiencias de perforación para roca tipo IVB.

PARAMETROS TECNICOS		PERFORACIÓN	
sección	2.80m x 2.80m	taladros perforados	65.00
clasificación geomecánica	tipo: IVBMRM: 21-30	taladros cargados	44.00
sobre rotura	10%	longitud de barreno	1.83m
densidad del desmonte	2.54t/m ³	RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN	
volumen del desmonte	12.79m ³		
tonelaje de desmonte	32.5tn		
EFICIENCIAS		m. perforados/disparo	113.10
Avance por disparo:	1.56 m/disparo	m. perforados/m. avance	72.50
Longitud de perforación efectiva:	1.74m/taladro	m. perforados/m. tonelada	3.48
Eficiencia de perforación:	95%	EFICIENCIAS	
Eficiencia en voladura:	90%		
factor de carga	1.26 kg/ton		
factor de avance lineal	26.26 kg/m	factor de carga	3.2 kg/m ³
densidad de carga	0.93 kg/tal	factor de avance lineal	26.26 kg/m
		densidad de carga	0.93 kg/tal

Fuente. Elaboración propia

Tabla 4.

Explosivos y accesorios de voladura para roca tipo IVB.

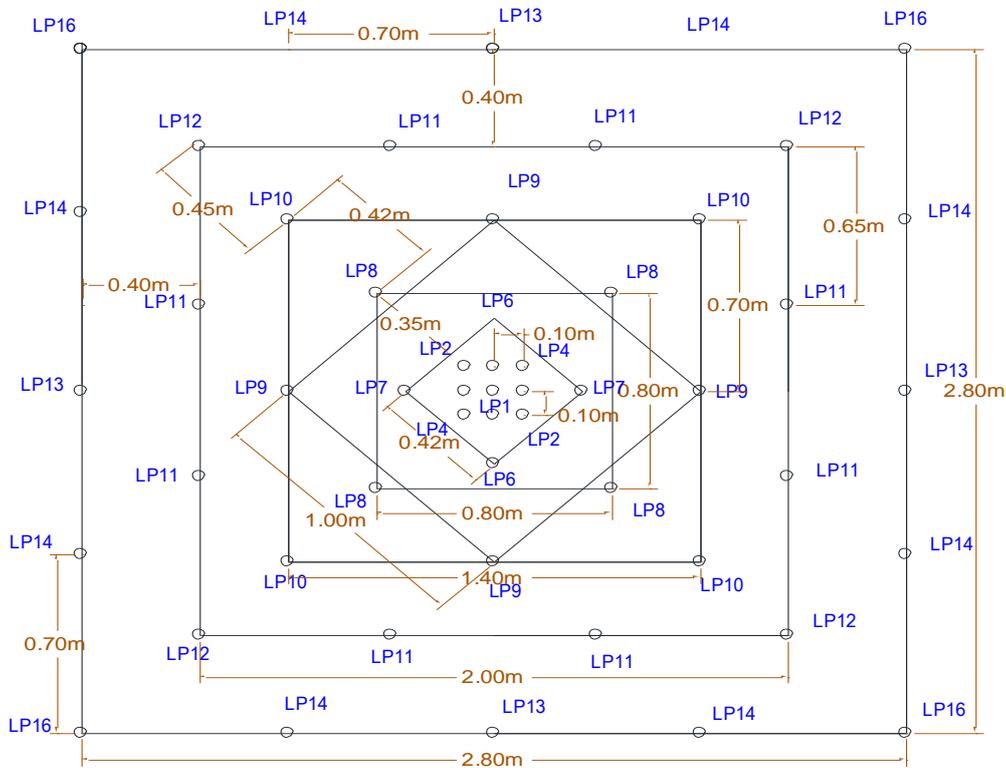
SECUENCIA DE SALIDA	DISTRIBUCIÓN DE TALADROS	Columna completa cargada con Emulnor								
		Denominación	Cargados	Vacíos	CARTUCHOS POR TALADROS				ACCESORIOS	
					E-3000 1"x16"		E-1000 1"x16"		Retardo Fanel	Cant.
					1" x16	1" x16	1" x16	1" x16		
			und/tal	Total/tal	und/tal	Total/tal				
1	Taladro de Recorte (contorno)		16							
2	Taladro de Alivio (arranque)		5							
3	Taladros de Arranque	4		4	16		0	LP 1,2,3,4	4	
4	Taladro de Ayuda	4		4	16		0	LP 5,5,6,6	4	
5	Taladro de 1 cuadrante	4		1	4	3	12	LP 7,7,7,7	4	
6	Taladro de 2 cuadrante	4		1	4	3	12	LP 8,8,8,8	4	
7	Taladro de 3 cuadrante	8		1	8	3	24	LP 10,10,10,10,10,10,10,10	8	
8	Taladro de 4 cuadrante	4		1	4	3	12	LP 12,12,12,12	4	
9	Taladro de 5 cuadrante	4			0	4	16	LP 13,13,13,13	4	
10	Taladro de 6 cuadrante	8			0	4	32	LP 14,14,14,14,14,14,14,14	8	
11	Taladro de Contorno	4			0	4	16	LP 16,16,16,16	4	
TOTAL		44	21	Total cargados	52	Total Cargado	124			
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVOS		40.97		12.26	KG	28.70	KG		44	



Fuente: Elaboración propia

Figura 23.

Malla de perforación sección 2.8mx2.8m, roca tipo IIIB, 6pies



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.

Parámetros y eficiencias de perforación para roca tipo IIIB.

PARAMETROS TECNICOS		PERFORACIÓN	
sección	2.80m x 2.80m	taladros perforados	53.00
clasificación geomecánica	tipo: IIIBMRM: 40-50	taladros cargados	49.00
sobre rotura	10%	longitud de barreno	1.83m
densidad del desmonte	2.54t/m ³	RENDIMIENTO DE PERFORACIÓN	
volumen del desmonte	12.79m ³	m. perforados/disparo	92.20
tonelaje de desmonte	32.5tn	m. perforados/m. avance	59.10
EFICIENCIAS		m. perforados/m. tonelada	2.84
Avance por disparo:	1.65 m/disparo	EFICIENCIAS	
Longitud de perforación efectiva:	1.74m/taladro	factor de carga	1.92 kg/ton
Eficiencia de perforación:	95%		4.87 kg/m ³
Eficiencia en voladura:	90%	factor de avance lineal	39.97kg/m
		densidad de carga	1.27 kg/tal

Fuente. Elaboración propia

Tabla 6.

Explosivos y accesorios de voladura para roca tipo IIIB.

SECUENCIA DE SALIDA	DISTRIBUCIÓN DE TALADROS		Columna completa cargada con Emulnor						ACCESORIOS			
			CARTUCHOS POR TALADROS									
			E-3000 1 1/4"x12"		E-1000 1 1/4"x12"						Retardo Fanel	Cant.
			1 1/4" x 12"	1 1/4" x 12"	1 1/4" x 12"	1 1/4" x 12"	und/tal	Total/tal				
Denominación	Cargados	Vacios	und/tal	Total/tal	und/tal	Total/tal						
1	Taladro de Recorte (contorno)		0									
2	Taladro de Alivio (arranque)		4									
3	Taladros de Arranque	5		5	25		0	LP 1,2,2,4,4	5			
4	Taladro de Ayuda	4		4	20		0	LP 6,6,7,7	4			
5	Taladro de 1 cuadrante	4		4	4	4	16	LP 8,8,8,8	4			
6	Taladro de 2 cuadrante	4		4	4	4	16	LP 9,9,9,9	4			
7	Taladro de 3 cuadrante	4		4	4	4	16	LP10,10,10,10	4			
8	Taladro de 4 cuadrante	8		8	8	4	32	LP11,11,11,11,11,11,11,11	8			
9	Taladro de 5 cuadrante	4		4	4	4	16	LP12,12,12,12	4			
10	Taladro de 6 cuadrante	4		4	0	5	20	LP 13,13,13,13	4			
11	Taladro de 7 cuadrante	8		8	0	5	40	LP 14,14,14,14,14,14,14,14	8			
12	Taladro de Contorno	4		4	0	5	20	LP 16,16,16,16	4			
TOTAL		49	4	Total cargados	69	Total Cargado	176					
KILOGRAMOS DE EXPLOSIVOS		62.35		18.35	KG	44.00	KG		49			



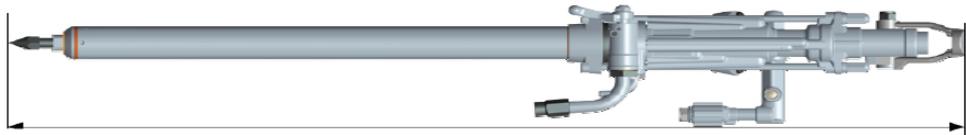
Fuente: Elaboración propia

4.7.3 Máquinas de Perforación y Accesorios

a) Maquinas perforadoras.

Para llevar a cabo la perforación de la chimenea en cuestión, se utilizarán maquinas perforadoras STOPER S250 con barra de avance neumático.

Figura 24.*Maquina perforadora STOPER*

Taladro S250 Stoper		
Stoper		
Peso	Sistema Métrico	Sistema EE. UU.
Con Silenciador	42,2 kg	93 lb
Pie Neumático Estándar		
Peso	15,5 kg	34 lb
		
1.727 mm (68 pulg)		

Fuente: Manual de máquinas perforadoras-RNP

Tabla 7.*Especificaciones técnicas de maquina perforadora STOPER*

Especificación de Taladro para Roca Stoper:		
	Sistema Métrico	Sistema EE. UU.
Diámetro Interior	79,4 mm	3,126 pulg
Carrera	73,25 mm	2,884 pulg
Golpes/Minuto	2,200 a 6,2 bar	2.200 a 90 psi
Consumo de Aire	4,4 m ³ / min a 6,2 bar	175 cfm a 90 psi
Conexión de Aire	-	1 en BSP
Conexión de Agua		1/2 en BSP

Fuente: Manual de máquinas perforadoras-RNP

b) Accesorios.

Barra de Perforación. En la perforación de la chimenea 126.2 se utilizarán las barras de perforación hexagonal de 2, 4 y 6 pies debido a la mayor rigidez.

Las barras transmiten el golpe y la rotación hasta las brocas que entran en contacto con la roca para triturarla, dichas barras poseen un orificio central para suministrar agua con el

objetivo de evacuar los detritus y refrigerar la broca.

Brocas. Se emplearán brocas cónicas de 36mm y 38mm con botones que se fijan mediante presión en los barrenos de perforación, estas brocas están hechas de acero de alta calidad y aleación de carburo de tungsteno, estas brocas son más adaptables a diferentes tipos de rocas.

Figura 25.

Brocas



Fuente: Aceros de perforación-Atlas Copco

4.8 Voladura

4.8.1 Emulnor

Se trata de una emulsión explosiva encartuchada en una envoltura plástica que posee propiedades de seguridad, potencia, resistencia al agua y una alta calidad de los gases de voladura.

Figura 26.

Emulnor



Fuente: Manual Famesa

Tabla 8 .*Especificaciones técnicas de Emulnor*

Características técnicas		EMULNOR® 500	EMULNOR® 1000	EMULNOR® 3000	EMULNOR® 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)		0,90	1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO *	4 400	5 800	5 700	5 500
	S/CONFINAR **	3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		44	95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)		628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)		952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)		63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN *** (%)		75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE		Nº 8	Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS		Primera	Primera	Primera	Primera

Fuente: Manual FAMESA

4.8.2 Fanel

Se destaca por su eficacia y seguridad, ya que proporciona una sincronización libre de riesgos al eliminar la posibilidad de conexiones incorrectas, lo que lo convierte en un sistema altamente efectivo y seguro.

a) Tipos

- FANEL - Periodo corto (MS).
- FANEL - Periodo largo (LP).

b) Componentes.

1. Fulminante de Retardo.

Este elemento incluye un fulminante con un explosivo primario altamente sensible, un explosivo secundario de gran poder rompedor, y un mecanismo de retardo ajustable, (EXSA, 2009).

2. Manguera Fanel.

El cartucho está hecho de materiales termoplásticos muy resistentes mecánicamente con un contenido de una sustancia reactiva. Cuando se activa esta sustancia, genera ondas de choque que tiene la presión y la temperatura necesarias para iniciar el fulminante de retardo, esta manguera se identifica por su color, siendo rojo para el período corto (MS) y de color amarillo para el período largo (LP).

3. Etiqueta.

El número de serie de la Manguera Fanel indica el tiempo de retardo, expresado en milisegundos o segundos.

4. Conector plástico tipo J.

Se trata de un conector de plástico cuyo objetivo es fijar una unión firme y garantizar la transmisión de energía entre la manguera y el cordón detonante, el color del conector facilita la identificación del tipo de retardo.

4.9 Sostenimiento

Para labores subterráneas es un elemento crucial para garantizar la estabilidad de las excavaciones, el objetivo fundamental del sostenimiento es prevenir la deformación excesiva y el colapso de las rocas y garantizar la integridad estructural de la chimenea.

El diseño de sostenimiento se basa en una evaluación detallada de las características geomecánicas de la roca, incluyendo la resistencia de las rocas, la estructura geológica, la presencia de agua y la magnitud de las fuerzas presentes, además, se deben tener en cuenta los métodos de explotación minera utilizados y los requisitos específicos de cada proyecto. (Fernández, 2009).

De acuerdo al estudio geomecánico realizado, el tipo de roca en la zona a ejecutar la chimenea es variado.

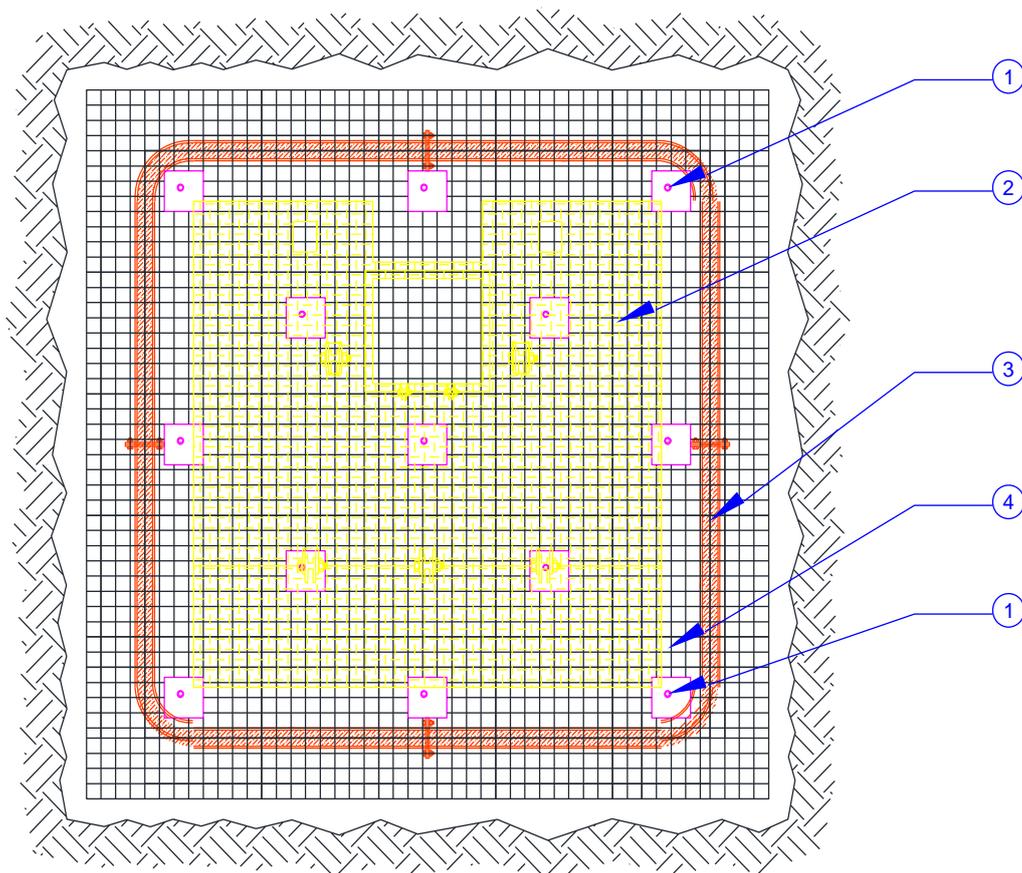
4.9.1 Sostenimiento de Frente (Guarda Cabeza) con Malla Electrosoldada más Split Set

Llamado también sostenimiento con malla de sacrificio. El sostenimiento del tope de chimenea se ejecutará con malla electrosoldada no galvanizada de cocada 3" x 3" de alambre N° 08 más Split set de 4 o 5 pies según recomendación geomecánica espaciados de 1.0m x 1.0m.

Las dimensiones del traslape extremos hacia los hastiales y extremo hacia el frente deben conservar una longitud de 20 cm. Para una sección de 2.80m x 2.80m la cantidad de Split set a colocar será de 13 distribuidos según recomendación geomecánica.

Figura 27.

Distribución de Split set para guarda cabeza



1. split set de 4'
2. plataforma del equipo Alimak
3. Cimbra metálica
4. malla electrosoldada

Fuente: Elaboración propia

4.9.2 *Sostenimiento de Columna de Chimenea con Cinta Metálica Straps*

Este tipo de sostenimiento consiste en cintas metálicas que se usan con los pernos de barra o pernos de fricción cuando se requiere un soporte adicional, los pernos aprietan estas placas contra las rocas de acuerdo a la forma de las irregularidades de la roca lo que permite una mayor área de sostenimiento y lo usamos en terrenos con bloques grandes, terreno fracturado, a través de las fallas y para asegurar pilares.

Figura 28.

Sostenimiento con cinta metálica straps

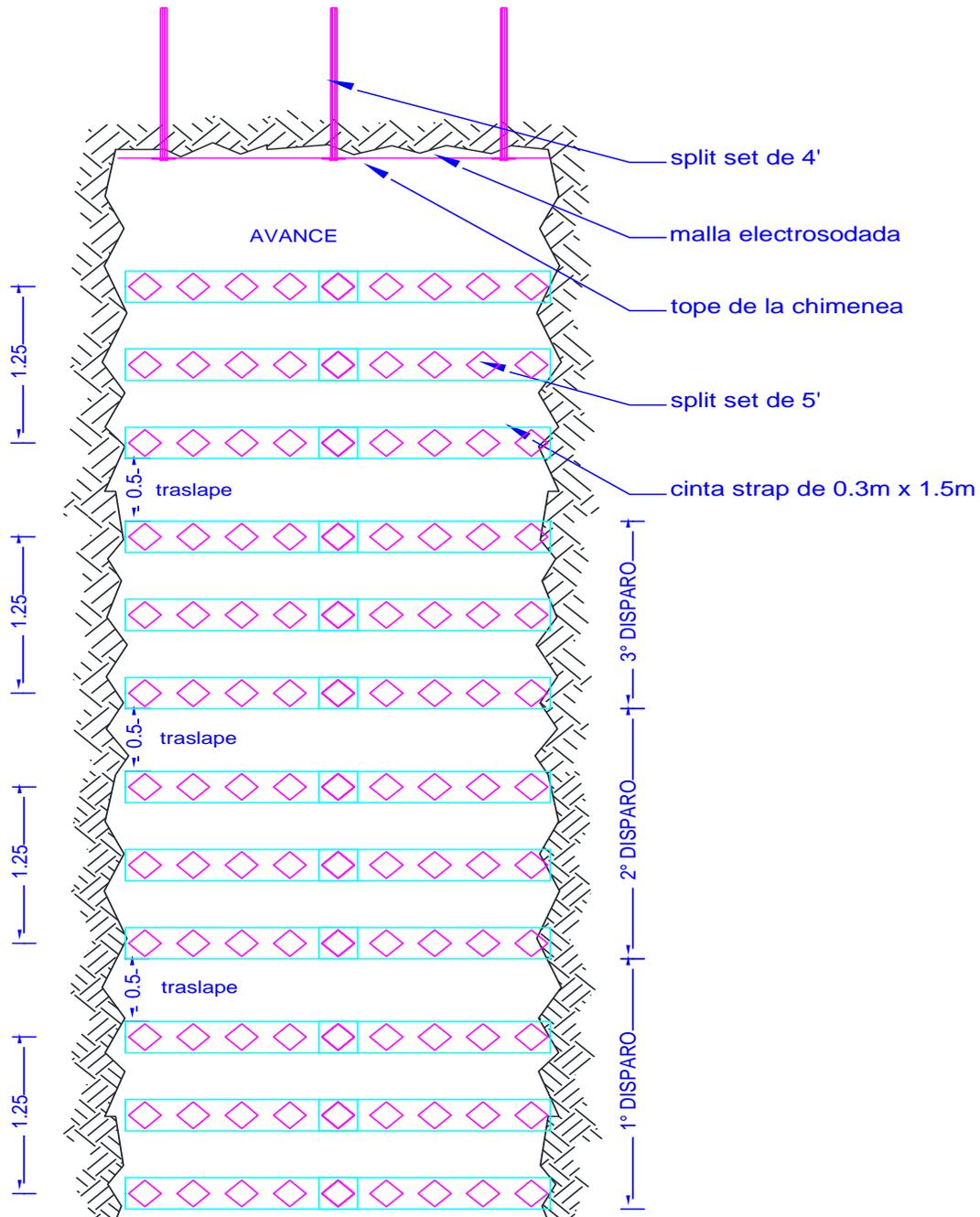


Fuente: fotografía propia

Para el sostenimiento con cinta metálica Straps se perfora taladros con una longitud de 4 o 5 pies desde la parte superior en sentido horario o antihorario dependiendo del terreno y colocando las cintas metálica Straps horizontales superiores, empalmando luego las verticales y finalmente las cintas metálica Straps horizontales inferiores con la secuencia de taladro perforado cintas empalmada y anclada con pernos Split set de 4 y 5 pies, el anclado se hará con el adaptador de Split set y empujar con la máquina perforadora pegado a las paredes de la columna de la chimenea.

Figura 29.

Sostenimiento con cinta metálica straps en tipo de roca III B

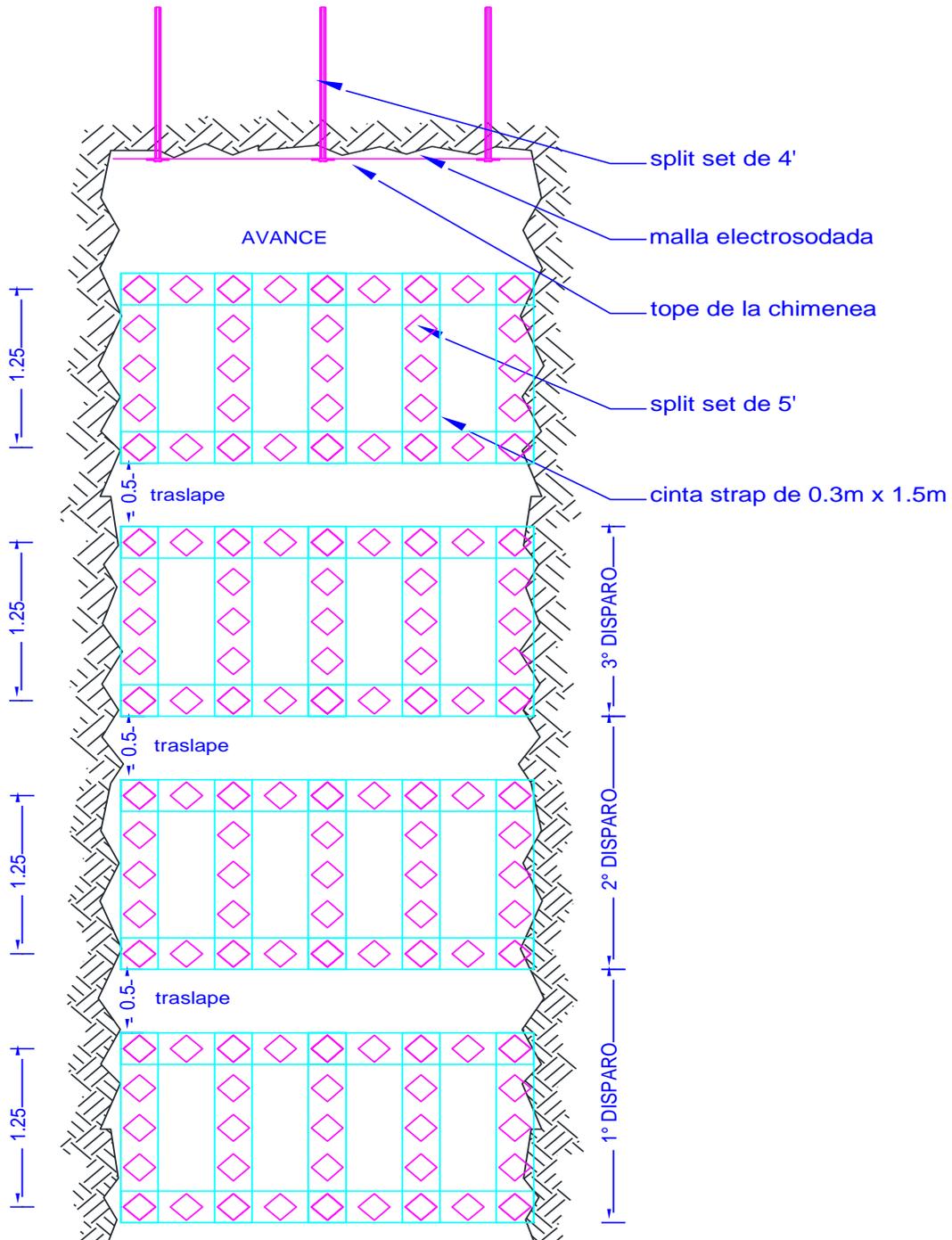


Fuente: Elaboración propia

En la figura muestra la distribución de cinta metálica Straps más Split set para un tipo de roca III B, es una distribución diseñada para tipo de rocas con bloques grandes y con fallas, el sostenimiento de columna de chimenea se realiza con cinta metálica Straps y Split set en filas espaciados a 0.5m.

Figura 30.

Sostenimiento con cinta metálica straps en tipo de roca IVA

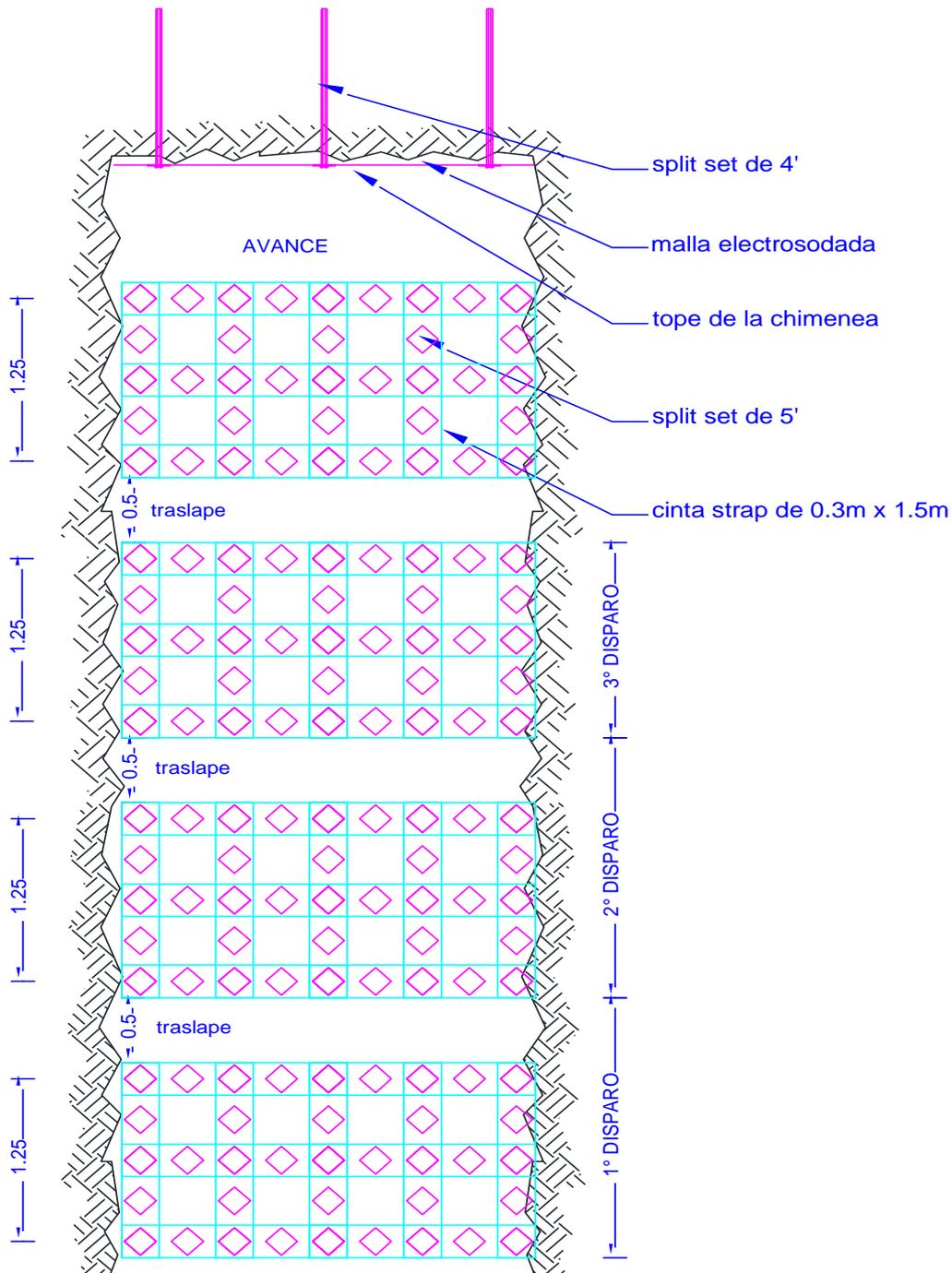


Fuente: Elaboración propia

En la figura muestra la distribución de cinta metálica Straps más Split set para un tipo de roca IVA, es una distribución diseñada para tipo de rocas fracturadas y con fallas, el sostenimiento de columna de chimenea de realiza con cinta metálica Straps y Split set en tipo “H” o llamado también en tipo Romano.

Figura 31.

Sostenimiento con cinta metálica Straps en tipo de roca IVB



Fuente: Elaboración propia

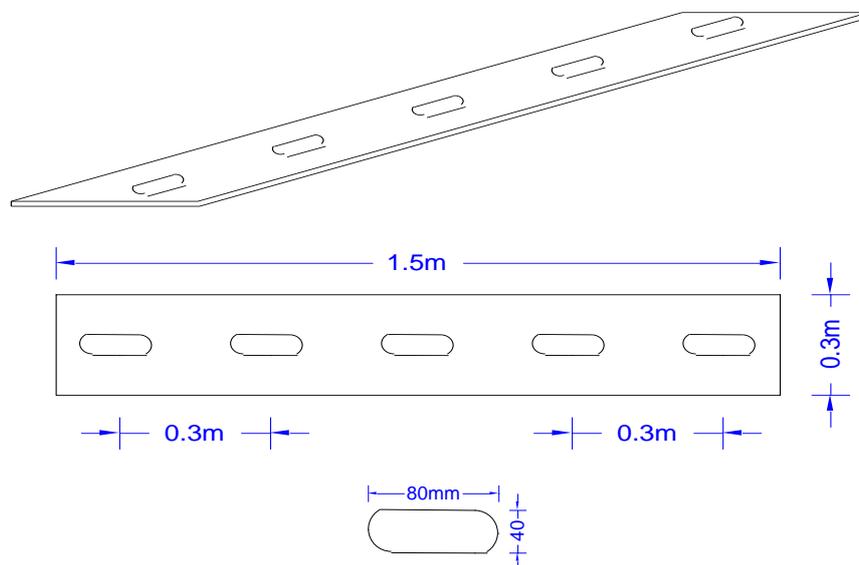
En la figura muestra la distribución de cinta metálica Straps más Split set para un tipo de roca IVB, es una distribución diseñada para tipo de rocas fracturadas y con fallas, el sostenimiento de columna de chimenea se realiza con mayor cantidad de cinta metálica Straps y Split set.

La cinta metálica straps son cintas metálicas de acero de diferentes medidas con tres o más agujeros tipo ojo chino y ubicado a lo largo y centro de la cinta. Usado como soporte adicional a los pernos de anclaje instalados en el macizo rocoso y aportando así una mayor área de sostenimiento.

La cinta metálica straps son placas metálicas de acero estructural A-36 (36,000 psi) de espesor 2.5 mm a 6 mm, ancho de 30 cm. y una longitud de 1.20m. y de 1.50 m. La labor debe estar sostenida hasta 0.5 m antes del tope (frente), esto por recomendación geomecánica.

Figura 32.

Cinta metálica straps



Fuente: Elaboración propia

4.9.3 *Sostenimiento de Columna de Chimenea con Cuadro Metálico*

Las Cimbras metálicas son de forma cuadrada de 2.8m lado interno en viga H4X13 Lib/pie, consta de 4 cuerpos con placas de empalme de 1/2"x120x200mm y con 4 agujeros de ϕ 22mm con placa y pernos ϕ 3/4" x 2 1/2" en grado 5 con su respectiva tuerca y arandela a presión.

Figura 33.

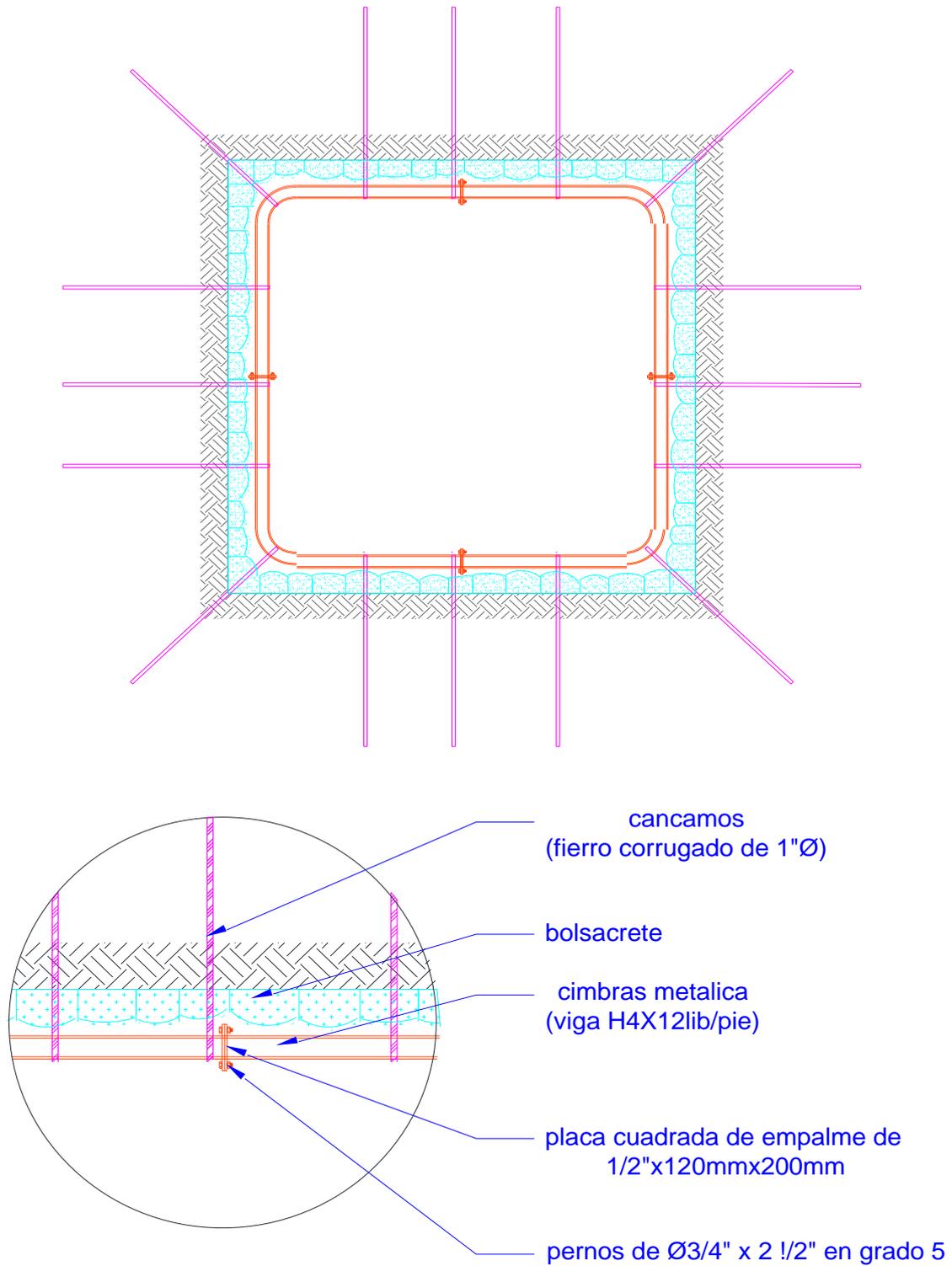
Columna de chimenea con sostenimiento de cuadro metálico



Fuente: fotografía propia CH126.2

Figura 34.

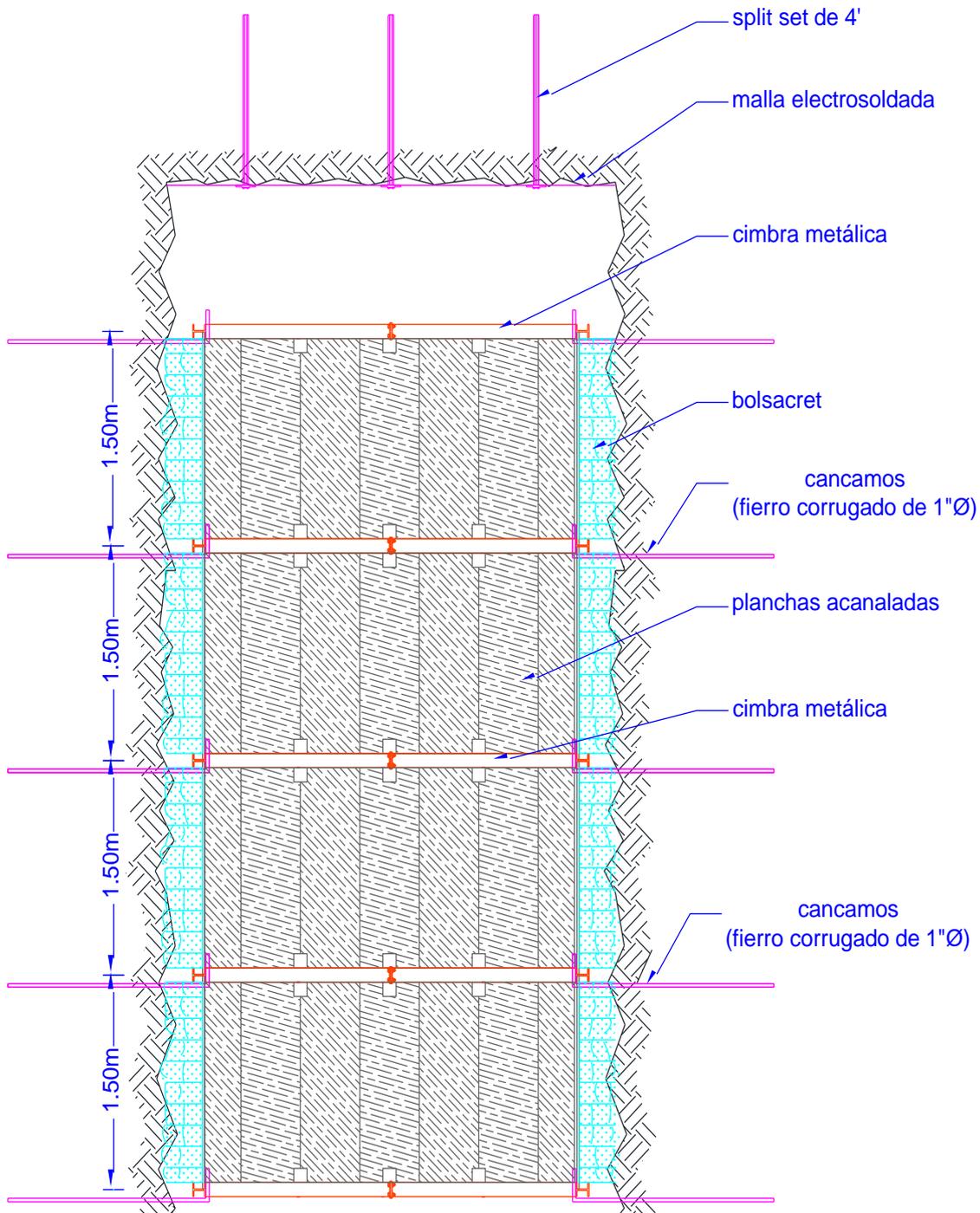
Vista en planta de sostenimiento con cuadro metálico



Fuente: Elaboración propia

Figura 35.

Vista longitudinal de sostenimiento con cuadro metálico



Fuente: Elaboración propia

Utilizar planchas acanaladas de 2.5mm de espesor tipo trapecoidal, topear el cuadro con bolsacrete para llenar el vacío entre la superficie rocosa, (considerar 2 bolsas de cemento

para 1m³ de agregado). Se utilizarán varilla corrugada de 1” de diámetro en forma de “L” para el soporte de los cuadros metálicos.

Según (SEGECAL,2025). el espaciamiento recomendado entre los cuadros metálicos de 2.80 m x 2.80 m debe ser de 1.5 metros. Sin embargo, cuando se detecta un halo de alteración en zonas geológicamente falladas o perturbadas, es necesario extremar las precauciones. En estos casos, se recomienda reducir el avance progresivamente a 1.20 m, 1.00 m o incluso 0.75 m, además de disminuir la carga operativa durante las voladuras para evitar inestabilidades.

La sección de la chimenea debe ser lo suficientemente amplia para permitir la correcta instalación de los cuadros metálicos, los cuales tienen una sección interna de 2.80 m x 2.80 m y se dividen en cuatro segmentos. Cada uno de estos está diseñado con un sistema de unión mediante planchas y pernos, que facilita el ensamblaje de sus componentes.

Asimismo, la zona donde se inicia el montaje de la columna de cuadros metálicos debe contar con una geometría adecuada que permita armar correctamente la base de la estructura. Esto garantiza un espesor uniforme del anillo de concreto, esencial para la estabilidad y resistencia de toda la instalación.

a) Especificaciones de Instalación de Cimbras.

- La colocación de los cuadros metálicos deberá realizarse de acuerdo con las dimensiones de la chimenea y considerando la estabilidad del macizo rocoso presente en el área de trabajo.
- La distancia entre el último cuadro metálico instalado y el frente de avance no debe superar los 50 centímetros, a fin de garantizar la seguridad estructural y del personal.
- Para la instalación de una nueva cimbra, se deberá comenzar ubicando las planchas acanaladas, seguido de la colocación del arco metálico. Esta tarea será ejecutada por un maestro perforista y un ayudante, quienes se encargarán de

maniobrar las piezas.

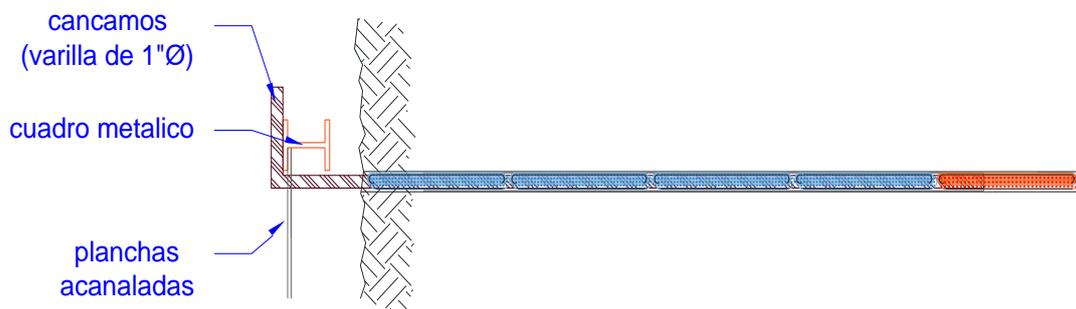
- Las planchas acanaladas deberán colocarse con un traslape de 0.10 metros, asegurando que no queden espacios abiertos que puedan comprometer la integridad del sostenimiento.
- El relleno o topeado de los cuadros metálicos se llevará a cabo utilizando Bolsacret, con un máximo de 20 kilogramos por aplicación, alcanzando la altura correspondiente al último cuadro instalado. Asegurar el cuadro metálico con cáncamos de 5 o 7 pies según recomendación geomecánica, los cuales serán soldados al cuadro metálico.

b) Anclado de Cuadro Metálico.

Para iniciar el sostenimiento con cuadro, se arma una base con viga H (W6"x6"x30'/15lb/pie) sujetado con cuatro cáncamos (varilla corrugada de 1" en forma de L) por cada lado para colocar el primer cuadro (anillo base), luego se colocará las planchas acanaladas de uno en uno hasta cubrir el contorno de la chimenea, se colocará sobre las planchas ya presentadas el cuadro metálico con sus respectivos pernos en las juntas.

Colocado el cuadro metálico se realiza perforación de taladro y anclado con cáncamos tipo L, entre el cuadro y plancha acanalada cuatro cáncamos por lado. Para los cáncamos de 1.50 m de longitud, usar 01 cartuchos de resina y 04 cartuchos de cemento.

El cartucho de resina (dimensiones: 28 mm x 305 mm) debe de ser de fraguado rápido de 1 a 3 minutos, el diámetro óptimo del taladro es de 36 mm para el uso de resina y cartuchos de cemento.

Figura 36.*Anclaje de cuadro metálico*

Fuente: Elaboración propia

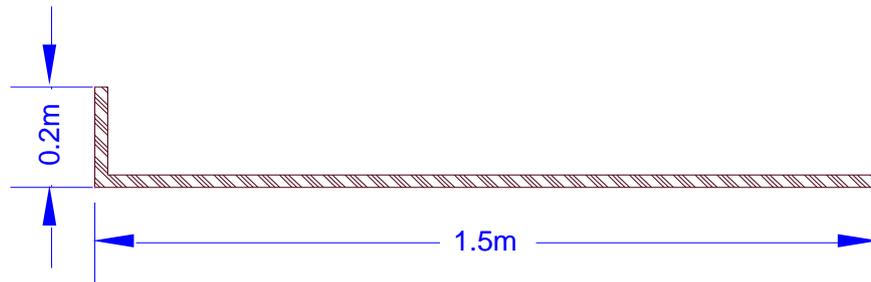
Finalmente asciende el soldador con el operador de equipo para realizar trabajos de soldadura con todos los equipos de soldar, llegado al tope estaciona el equipo dando inicio con la nivelación y centrado del cuadro armado, luego se realiza la soldadura de los cáncamos anclados con el cuadro y planchas acanaladas.

c) Elementos Para el Anclaje de Cuadro.

Cáncamos.

El cáncamo es una varilla corrugada en forma de L, con diámetro de 1" (25mm) y con longitudes que varía entre 1.50 m y 2.10 m, biselados en uno de los extremos a 45°. Se deberá considerar una diferencia máxima de 12.00 mm entre la broca de perforación y el diámetro del cáncamo, siendo el diámetro de taladro ideal el de 38 mm +/- 2 mm para un cáncamo de 25 mm.

Los elementos de sostenimiento tienen una resistencia en cuanto a la capacidad del acero a la tracción, y otra resistencia a la adherencia que se obtiene en la interfase del mortero de cemento y/o resina con el macizo rocoso.

Figura 37.*Cáncamo**Fuente: Elaboración propia***Cartucho de Resina.**

La resina en cartucho se usa para fijar pernos a los estratos de roca circundante a la excavación, esta unificación de la resina, perno y capas de estratos proporciona la fuerza y la rigidez necesaria para evitar el pandeo actuando como un refuerzo que ancla los bloques individuales de roca en una sola alta resistencia.

El cartucho de resina se compone de dos compartimientos separados por una barrera física un compartimiento contiene una masilla de resina poliéster y el otro un catalizador químico, cartucho de resina (dimensiones: 28 mm x 305 mm) de fraguado rápido, de 1 a 3 minutos.

Figura 38.*Cartucho de resina**Fuente: Fotografía propia*

Cartucho de Cemento.

Los cartuchos de cemento de dimensiones 28 mm x 305 mm están diseñados especialmente para la instalación de pernos de anclaje utilizados en el sostenimiento de terrenos, para anclar con varillas corrugadas, pernos de rosca continua o anclajes de cables inclusive.

Contienen una mezcla de conglomerantes hidráulicos y aditivos confinados en un cartucho de envoltura geotextil, que permite una mejor absorción del agua, además cuenta con un alma de acero que le da rigidez y sirve como guía durante la instalación, evitando taponamientos.

Figura 39.

Cartucho de cemento



Fuente: Fotografía propia

4.9.4 Instalación de Viga H

A partir de los 3 m se iniciará la instalación de viga H (W6"x6"x30"/15lb/pie) y luego el anillo base para cambiar el tipo de sostenimiento a cuadros metálicos hasta superficie.

La instalación de viga H se realiza cada 10 cuadros de 1.5m (cada 15 metros o cada 8 carriles) en terreno competente; si el terreno es incompetente o con fallas se busca una roca adecuada para la instalación de viga H.

a) Especificaciones Técnicas de Viga H

Tabla 9 .

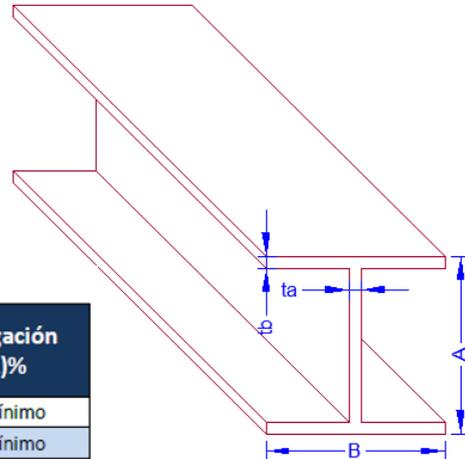
Propiedades mecánicas de viga H

VIGA H (W6"x6"x30"/15lb/pie)

- ✓ A = altura del alma
- ✓ t_a = espesor de alma
- ✓ B = ancho del ala
- ✓ t_b = espesor del ala

Propiedades Mecánicas

NORMA TÉCNICA	Limite de Fluencia (F) Kg/mm ²	Resistencia a la Tracción (R) Kg/mm ²	Elongación (A)%
ASTM A-36	25.3 mínimo	41 mínimo	20 mínimo
ASTM A-572 GR 50	35.2 mínimo	46 mínimo	16 mínimo
ASTM A-992	35.2 mínimo	46 mínimo	18 mínimo



Fuente: Aceros Arequipa

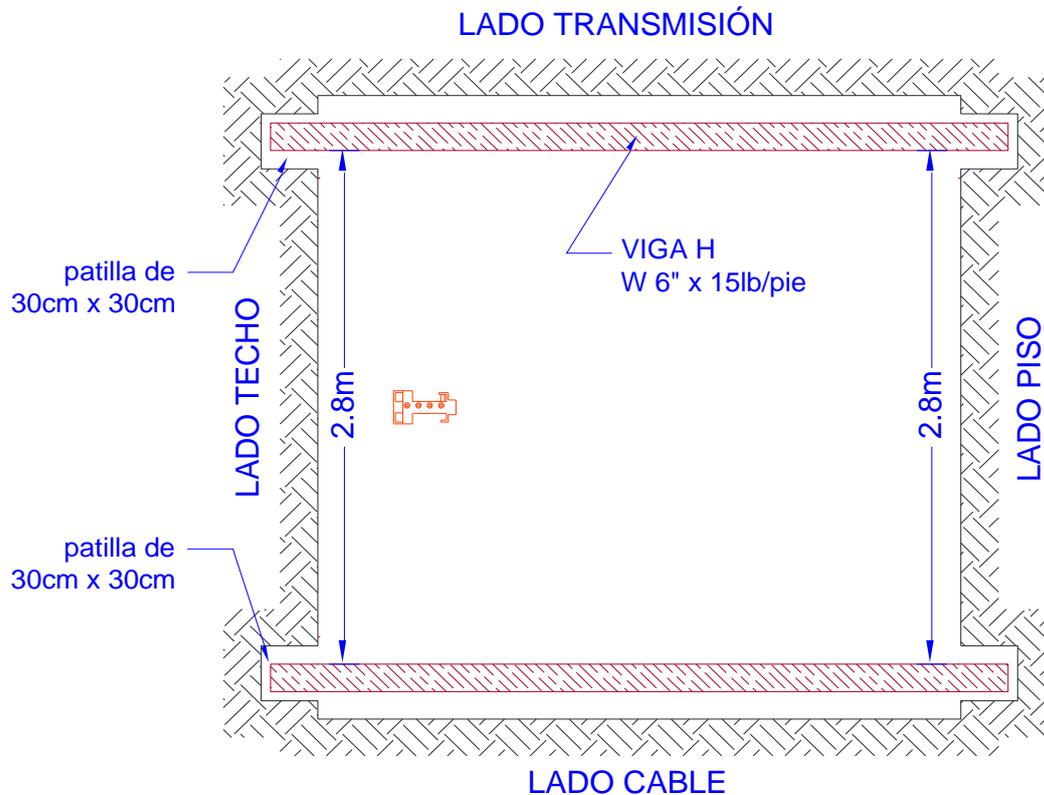
Tabla 10.

Especificaciones técnicas de viga H

Dimensiones (pulg)		Peso Teórico		Espesor (mm)		Dimensiones mm	
Alma	Ala	libras/pie	Kg/m	Alma (t_a)	Ala (t_b)	Alma (A)	Ala (B)
4"	4"	13.0	19.39	7.11	8.76	106	103
6"	4"	9.0	13.42	4.32	5.46	150	100
		12.0	17.90	5.84	7.11	153	102
	6"	15.0	22.37	5.84	6.60	152	152
		20.0	29.83	6.60	9.27	157	153
		25.0	37.28	8.13	11.56	162	154

Fuente: Aceros Arequipa

Para instalar la viga H se perfora en la corona un taladro de 6 pies y se inserta un perno de expansión de 5 pies con cola de chanco, en dicho punto de anclaje se colocará un tecele de 2 toneladas. se presenta y se nivela las 2 vigas H con la ayuda de tecele de 2 toneladas y nivel de mano. Luego se procede al anclado de viga H con varillas corrugadas de 1" de diámetro y en forma de "L" como muestra en la figura.

Figura 40.*Vista en planta de viga H**Fuente:* Elaboración propia

4.9.5 Instalación de Anillo Base

Una vez instalado la viga H se instala el cuadro metálico base sentadas sobre 4 espaciadores de 10 cm, estos espaciadores estarán distribuidos equitativamente.

Son estructuras de concreto reforzado con riel, varilla corrugada y concreto, se utiliza como base de la estructura de la cimbra.

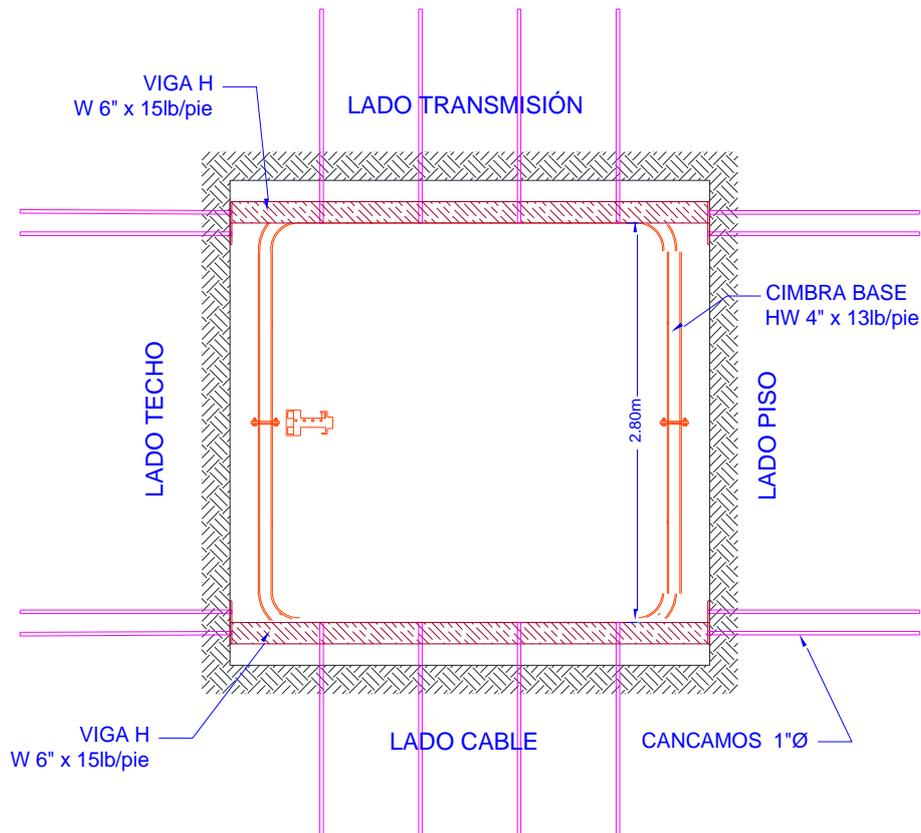
Como base del anillo hacer patillas de 30cmx30cmx30cm; para el colocado de rieles de 45 Lb/pie. Instalar Pernos de Roca de 19mm de \varnothing alineados formando un arco de sección transversal al eje de la excavación ya sea una excavación vertical o inclinada, luego armar la estructura con varilla corrugada utilizando cubos y estribos y varillas corrugadas.

Instalar 16 barras helicoidales de 1.50m, uno en cada esquina y dos en cada lado del

cuadro metálico. Realizar vaciado de la estructura con concreto (1m³ de agregado por 250 kg de cemento).

Figura 41.

Vista en planta de anillo base



Fuente: Elaboración propia

4.10 Levantamiento topográfico en columna de la chimenea.

Para el levantamiento de labores en chimeneas con equipo trepador Alimak, casi siempre se hace uso de la brújula colgante y estación total; realizándose en algunos casos estos levantamientos, para ver el avance alcanzado y tener al día los planos.

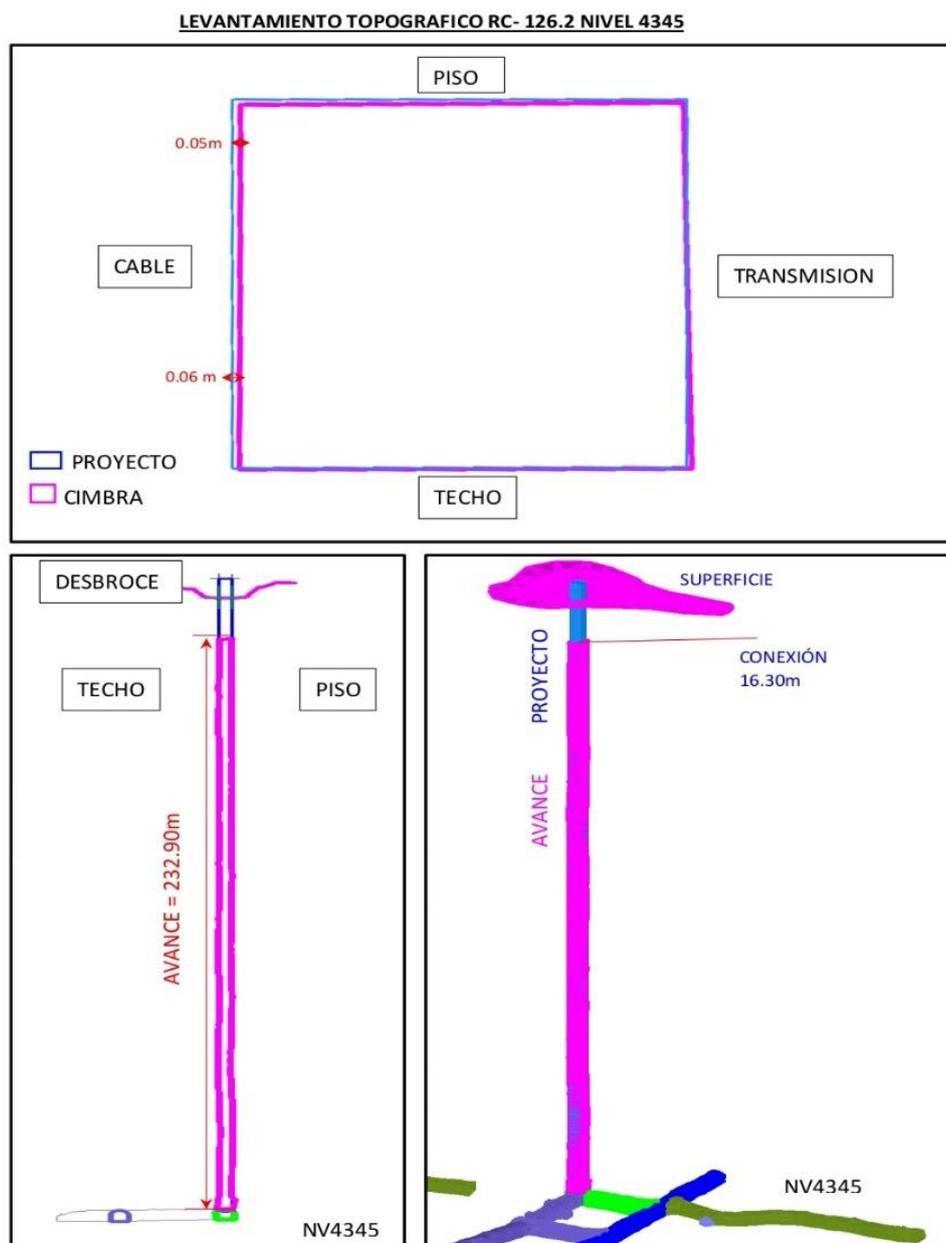
El motivo y justificación del levantamiento de una chimenea es llevar en forma correcta la inclinación y la dirección de la misma, los levantamientos topográficos en la columna de la chimenea se desarrollan con la finalidad de:

- Medir el avance alcanzado en la construcción de chimenea
- Controlar la dirección e inclinación de la chimenea

En la figura muestra el levantamiento topográfico de la chimenea 126.2 en la cota 232m, la cual muestra una desviación de las cimbras de 0.06m a lado transmisión con respecto al proyecto.

Figura 42.

Levantamiento topográfico de chimenea 126.2 NV- 4345



Fuente: Área de Topografía – Unidad Minera Inmaculada

4.11 Plan de Conexión de Ch 126.2

Figura 43.

Plan de Conexión de Ch 126.2

	PLAN DE TRABAJO	Longitud total	256m
	CONEXIÓN DE CHIMENEA RC 126.2	FECHA	
		Longitud a la fecha	232.9m

SUPERINTENDENCIA	PLANEAMIENTO / MINA	PROCESO/ACTIVIDAD	Construcción de chimeneas con Equipo Trepador
SUPERVISION A CARGO		PERSONAL REQUERIDO PARA LA ACTIVIDAD	01 lider perforista. 01 perforistas, 02 ayudante.

EQUIPO PROTECCIÓN PERSONAL			EQUIPOS, MAQUINAS, HERRAMIENTAS REQUERIDOS		
Botas de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	Respirador	<input checked="" type="checkbox"/>	Mascara o Careta	<input type="checkbox"/>
Casco	<input checked="" type="checkbox"/>	Protección Auditiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Equipo anti caídas	<input checked="" type="checkbox"/>
Guantes	<input checked="" type="checkbox"/>	Anteojos de Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	Traje Especial	<input type="checkbox"/>
Otros (especificar)	Mameluco con cintas reflectivas, medidor de gases altair 5X, autorrescatador			PETAR	

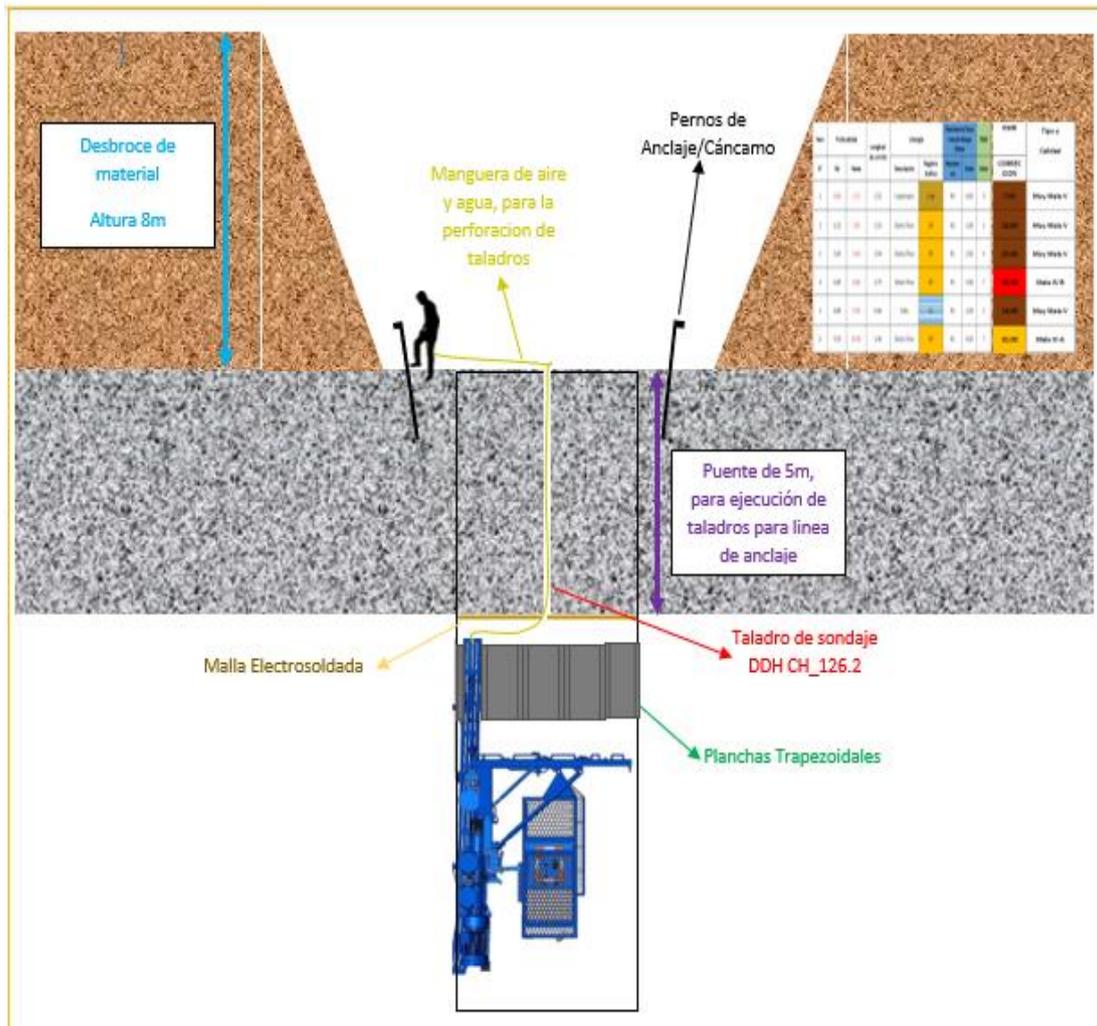
PASOS SECUENCIALES DEL TRABAJO		CONSECUENCIA DEL RIESGO (daño o impacto)	CONTROL DEL RIESGO
1	Se comunicará al comité multidisciplinario (Mina, Planeamiento, geotecnia, infraestructura, topografía y seguridad) de la comunicación de la chimenea. Teniendo un puente de 15.0m (incluido el puente a desbrozar), se paraliza los trabajos de avance en columna de chimenea.	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por datos erróneos de topografía con respecto a la longitud de comunicación Colapso de chimenea RC - 126.2 Atrapamiento de equipo 	<ul style="list-style-type: none"> Marcado topográfico de la zona de comunicación (superficie) Evaluación por el área de infraestructura y diseñar los trabajos de desbroce 10 x 10m de sección Sostenimiento de columna de acuerdo a determinación geomecánica Mantenimiento y verificación del equipo y columna de carriles en chimenea. Mantener operativo el equipo trepador auxiliar para su uso en caso de atrapamiento del equipo principal. Mantener la comunicación efectiva en todo momento
2	Terminado los trabajos de desbroce y el visto bueno del área de infraestructura y geomecánica (estabilidad de talud), se deberá solicitar levantamiento topográfico para marcado del punto de llegada y definir el puente real de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por datos erróneos de topografía con respecto a la longitud de conexión. Colapso de chimenea RC - 126.2 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamiento topográfico y marcado de la zona de conexión (superficie)
3	Faltando 10 metros para la comunicación de la RC-126.2, la zona de conexión, deberá estar delimitado, trabajo ejecutado por el área de infraestructura.(puntales y malla electrosoldada), señalización de la comunicación de labor.	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por mala coordinación horario de disparo. Aplastamiento por caída de rocas. Caída de personas, animales por la zona de conexión. 	<ul style="list-style-type: none"> Verificar que los vigías hayan bloqueado bien la zona a comunicar. Desate de las rocas sueltas. Delimitación de la zona de comunicación . Señalización del área de trabajo
4	Faltando 05 metros para la comunicación de la RC-126.2, se realizara el desbroce del taladro diamantino, por el taladro diamantino se pasara las mangueras de agua y aire, Se realizara la perforación e inyectado de cáncamos (puntos de anclaje); se realizará la instalación de línea de anclaje, soportados por los puntos de anclaje; La zona de comunicación deberá estar protegida con malla electrosoldada, geomembrana, esto para evitar proyecciones de roca durante la ultima voladura.	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por caída de personas a distinto nivel 	<ul style="list-style-type: none"> Delimitación de la zona de comunicación . Señalización del área de trabajo
5	De acuerdo al control topográfico, faltando aprox. 5 m para la comunicación de la chimenea no debe haber personal trabajando en la zona de comunicación del proyecto en superficie. Para el día de voladura tomar todas las precauciones necesarias para el final de turno, colocar vigías con banderines, radios y silbatos a 500 mts a la redonda en los accesos al área de comunicación, realizar los sondeos con barrenos de 10 pies y realizar la voladura. La voladura se realizara respetando el horario de disparo (6:30hrs).	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por voladura antes y durante del horario de disparo. Fatalidad por impacto de rocas. Muerte de camellidos. Impacto visual al medio ambiente. Contaminación ambiental por gases. Caída de personas, animales por la zona de conexión. 	<ul style="list-style-type: none"> Colocar vigías y verificar la presencia de personas y animales cercanas al área, retirar a personas cercanas, respetar el horario de disparo (6:30pm / 6:30 am). Realizar una voladura controlada. La presencia de gases en la superficie no tendra un impacto ambiental significativo. Realizar protocolo de voladura.
6	Continuar con el monitoreo de gases en la columna y tope de la chimenea. Realizar la perforación de taladros realizando el sondeo con barreno de 10 pies, en caso conecte el barreno a los 10 pies, realizar la perforación de los taladros en el frente con barrenos de 8 pies. Después de la voladura y realizada la comunicación de la chimenea, verificar in-situ el área conectada, verificar la comunicación y se comunicara al comité multidisciplinario (Mina, Planeamiento, geotecnia, geología, topografía y seguridad) . Verificar la zona a no menos de 3 metros de la comunicación y reportar a la siguiente guardia de los trabajos pendientes a realizar.	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por gaseamiento. Fatalidad por caída de personas. Hundimiento del macizo rocoso Impacto visual al medio ambiente. Contaminación ambiental por gases. Caída de personas, animales por la zona de conexión. 	<ul style="list-style-type: none"> Verificar la ventilación del área. Uso del equipo anti caídas durante la inspección y el trabajo en la conexión. Realizar sostenimiento de acuerdo a la evaluación y recomendación del área de geomecánica.
7	Hecha la conexión de la chimenea, el turno entrante deberá realizar el desate minucioso de las rocas sueltas del borde de la zona conectada usando en todo momento su equipo anticaídas y estar anclado a la línea de vida en todo momento.	<ul style="list-style-type: none"> Fatalidad por caída de personas por la chimenea. Aplastamiento por caída de rocas. Caída de personas, animales por la zona de conexión. 	<ul style="list-style-type: none"> Uso del equipo anti caídas en todo momento del trabajo en la conexión. Desatado minucioso del área donde ha comunicado la chimenea,

Fuente: Área de planeamiento – Operaciones Seprocal

4.12 Esquema del Proceso de Instalación de Pernos de Anclaje e Instalación de la Línea de Anclaje de Anclaje

Figura 44.

Geología de las vetas Unidad Minera Inmaculada



Fuente: Área de planeamiento – Operaciones Seprocal

Para la perforación e instalación de línea de anclaje en superficie, La columna de la chimenea deberá de estar sostenida; El frente de trabajo con malla electrosoldada y la columna con cuadro metálico.

4.13 Protocolo de Voladura para Conexión de CH- 126.2

- Antes de realizar la voladura se deberá retirar todo personal, herramientas y equipos de la zona de influencia del disparo. La Supervisión de operaciones/seguridad Seprocal estará en todo momento en el punto de conexión. Este procedimiento se repetirá hasta conectar la chimenea.
- El jefe de guardia, responsable de la voladura, dará el aviso por radio canal 11 (15 minutos antes), al supervisor de operaciones/seguridad Seprocal; que se encuentra listo para realizar la voladura.
- El supervisor de operaciones/seguridad Seprocal (en punto de comunicación), comunicara por radio a centro control (canal 2) que se está listo para realizar la voladura. Centro control comunicara a su vez a las áreas de superficie que se realizara la voladura en la CH_126.2.
- Esperar la confirmación de la liberación del área por parte del supervisor de operaciones/seguridad Seprocal para proceder con la voladura. El ingeniero de seguridad dará la comunicación mediante radio que la zona está liberada y los vigías están en su punto de ubicación al jefe de guardia, para realizar la voladura en la CH_126.2
- Realizado la voladura, el jefe de guardia comunicará vía radial canal 11 al supervisor de operaciones/seguridad Seprocal, que ya se realizó la voladura (6:30 am/pm).
- El supervisor de operaciones/seguridad Seprocal comunicara por radio a centro control que se realizó la voladura. Centro control comunicara a su vez a las áreas de superficie que se realizó la voladura en la CH_126.2.

CAPITULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Cronograma de Ejecución CH-126.2

El diseño y construcción de la chimenea 126.2 de NV 4300 a superficie con una distancia de 254m e inclinación de 90° se ejecutó satisfactoriamente en la siguiente fecha calendario:

5.1.1 Cronograma de Ejecución de CH-126.2 con Sostenimiento de Cuadro Metálico y Planchas Acanaladas.

Cuadro 1.

Cronograma de ejecución de chimenea de 126.2 con cuadro metálico.

	Oct-24											Nov-24																		
ACTIVIDAD A REALIZAR	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	sem.03	sem.04	
Inspección y entrega del proyecto																														
Excavación y sostenimiento de chimenea piloto																														
Estandarización, traslado y montaje del equipo																														
Inspección por el comité multidisciplinario CIA																														
Avance en el nuevo proyecto																														
Desmontaje del equipo trepador Alimak																														

	Dic-24	Ene-25	Feb-25	Mar-25	Abr-25	May-25	Jun-25
ACTIVIDAD A REALIZAR							15 días
Inspección y entrega del proyecto							
Excavación y sostenimiento de chimenea piloto							
Estandarización, traslado y montaje del equipo							
Inspección por el comité multidisciplinario CIA							
Avance en el nuevo proyecto							
Desmontaje del equipo trepador Alimak							

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2.

Avance mensual de chimenea de 126.2 con cuadro metálico.

SEMANA	1		LABOR	CH_126.2										TOTAL	
FECHA	1-nov.		2-nov.		3-nov.		4-nov.		5-nov.		6-nov.		7-nov.		TOTAL
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	
AVANCE EJECUTADO															
AVANCE PROGRAMADO	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		10.5

SEMANA	2		LABOR	CH_126.2										TOTAL	
FECHA	8-nov.		9-nov.		10-nov.		11-nov.		12-nov.		13-nov.		14-nov.		TOTAL
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	
AVANCE EJECUTADO															
AVANCE PROGRAMADO	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		9

SEMANA	3		LABOR	CH_126.2										TOTAL	
FECHA	15-nov.		16-nov.		17-nov.		18-nov.		19-nov.		20-nov.		21-nov.		TOTAL
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	
AVANCE EJECUTADO															
AVANCE PROGRAMADO	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		10.5

SEMANA	4		LABOR	CH_126.2										TOTAL	
FECHA	8-nov.		9-nov.		10-nov.		11-nov.		12-nov.		13-nov.		14-nov.		TOTAL
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	
AVANCE EJECUTADO															
AVANCE PROGRAMADO	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		9

AVANCE MENSUAL DEL MES NOVIEMBRE 2025														39
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------

Fuente: Elaboración propio

El cuadro anterior muestra el avance lineal en un mes de la construcción de chimenea 126.2, sosteniendo con cuadro metálico y planchas acanaladas, considerando 2 guardias cada 14 días de mantenimiento mecánico y eléctrico del equipo trepador Alimak. Los resultados nos indican el avance mensual será de 39 metros por mes, con estos resultados podemos decir que la ejecución de la chimenea de 256m será de 6 meses y medio (195 días).

Cuadro 3.

Resumen de total de días ejecutadas de construcción de CH-126.2.

ACTIVIDAD A REALIZAR	DIAS EJECUTADAS
Inspección y entrega del proyecto	2
Excavación y sostenimiento de chimenea piloto	7
Estandarización, traslado y montaje del equipo	15
Inspección por el comité multidisciplinario CIA	1
Avance del proyecto proyecto de 256m	195
Desmontaje del equipo trepador Alimak	15
TOTAL DE DIAS EJECUTADAS	235

Fuente: Elaboración propio

El cuadro anterior muestra el resumen de los días ejecutados de todas las actividades para la construcción de la chimenea 126.2, sosteniendo con cuadro metálico y planchas acanaladas. La cual podemos decir que el tiempo de ejecución de la chimenea 126.2, será de 235 días, equivalente a 7 meses y medio.

5.1.2 Cronograma de Ejecución de CH-126.2 con Sostentamiento de Cinta Straps

Cuadro 4.

Cronograma de ejecución de chimenea de 126.2 con Cinta straps.

ACTIVIDAD A REALIZAR	Oct-24											Nov-24																	
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	sem.03	sem.04
Inspección y entrega del proyecto																													
Excavación y sostenimiento de chimenea piloto																													
Estandarización, traslado y montaje del equipo																													
Inspección por el comité multidisciplinario CIA																													
Avance en el nuevo proyecto																													
Desmontaje del equipo trepador Alimak																													

ACTIVIDAD A REALIZAR	Dic-24	Ene-25	Feb-25	Mar-25	Abr-25	May-25	Jun-25	Jul-25	Ago-25
	Inspección y entrega del proyecto								
Excavación y sostenimiento de chimenea piloto									
Estandarización, traslado y montaje del equipo									
Inspección por el comité multidisciplinario CIA									
Avance en el nuevo proyecto									
Desmontaje del equipo trepador Alimak									

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.

Avance mensual de chimenea de 126.2 con cinta metálica Straps.

SEMANA	1	LABOR	CH 126.2															TOTAL
FECHA	1-nov.		2-nov.		3-nov.		4-nov.		5-nov.		6-nov.		7-nov.					
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD				
AVANCE EJECUTADO																		
AVANCE PROGRAMADO	1.5		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5						9			

SEMANA	2	LABOR	CH 126.2															TOTAL
FECHA	8-nov.		9-nov.		10-nov.		11-nov.		12-nov.		13-nov.		14-nov.					
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD				
AVANCE EJECUTADO																		
AVANCE PROGRAMADO	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5						7.5			

SEMANA	3	LABOR	CH 126.2															TOTAL
FECHA	15-nov.		16-nov.		17-nov.		18-nov.		19-nov.		20-nov.		21-nov.					
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD				
AVANCE EJECUTADO																		
AVANCE PROGRAMADO	1.5		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5						9			

SEMANA	4	LABOR	CH 126.2															TOTAL
FECHA	8-nov.		9-nov.		10-nov.		11-nov.		12-nov.		13-nov.		14-nov.					
TURNO	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD	GN	GD				
AVANCE EJECUTADO																		
AVANCE PROGRAMADO	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5						7.5			

AVANCE MENSUAL DEL MES NOVIEMBRE 2025															33
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Fuente: Elaboración propia

El cuadro anterior muestra el avance lineal en un mes de la construcción de chimenea 126.2, sosteniendo con Cinta Metalica Straps, considerando 2 guardias cada 14 días de mantenimiento mecánico y eléctrico del equipo trepador Alimak y 2 guardias cada 7 días de mantenimiento de columna de chimenea. Los resultados nos indican el avance mensual será de 33 metros por mes, con estos resultados podemos decir que la ejecución de la chimenea de 256m será de 8 meses (240 días).

Cuadro 6.

Resumen de total de días ejecutadas de construcción de CH-126.2.

ACTIVIDAD A REALIZAR	DIAS EJECUTADAS
Inspección y entrega del proyecto	2
Excavación y sostenimiento de chimenea piloto	7
Estandarización, traslado y montaje del equipo	15
Inspección por el comité multidisciplinario CIA	1
Avance del proyecto proyecto de 256m	240
Desmontaje del equipo trepador Alimak	15
TOTAL DE DIAS EJECUTADAS	280

Fuente: Elaboración propio

El cuadro anterior muestra el resumen de los días ejecutadas de todas las actividades para la construcción de la chimenea 126.2, sosteniendo con cinta metálica Straps. La cual podemos decir que el tiempo de ejecución de la chimenea 126.2, será de 280 días, equivalente a 9 meses y medio.

5.2 Costos Operativos de Chimenea con Jaula Trepadora Alimak

Los costos son el final de la valoración de los componentes de la producción, cuyas magnitudes están parecidas con la cantidad de producción o servicios conseguida en un tiempo de tiempo. A continuación, se presentan los costos operativos de la chimenea realizada con jaula trepadora Alimak de 150 metros de longitud.

5.2.1 Precio Unitario de Excavación de Chimenea Sección 2.80m x 2.80m

Cuadro 7.

Precio unitario de excavación de chimenea sección 2.80m x 2.80m

EXCAVACION DE CHIMENEA, SECCION 2.80 x 2.80 , 0 a 100 M, RT III Y IV			AVANCE	2.10	ML/GRD
ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.47	9.58	4.47
BARRA CONICA 2 PIES		UND	0.06	55.33	3.23
BARRA CONICA 4 PIES		UND	0.06	74.47	4.34
BARRA CONICA 6 PIES		UND	0.06	98.56	5.75
BARRA CONICA 8 PIES		UND	0.06	123.75	7.22
BROCA DESCARTABLE		UND	0.67	27.81	18.54
MANGUERA DE 1 "		ML.	0.10	5.82	0.55
MANGUERA DE 1/2 "		ML.	0.10	2.32	0.22
PINTURA ESMALTE		GLN	0.02	19.03	0.39
ATACADOR DE MADERA		UND	0.15	4.40	0.66
CABLE DE DISPARO		ML.	1.00	0.66	0.66
JEFE DE GUARDIA	1.0000	HH	6.25	17.27	107.93
ING. DE SEGURIDAD	1.0000	HH	6.25	15.96	99.74
LIDER EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	6.00	8.25	49.51
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	6.00	7.05	42.31
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	2.0000	HH	12.00	6.25	75.01
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	4.20	7.05	29.62
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	6.00	6.65	39.91
EQUIPO TREPADOR 0 A 100	0.5000	HM	2.75	65.00	178.75
CABLE AUTO SOPORTADO 0 A 100		TAR	0.52	18.67	9.78
CARRILES 0 A 100		TAR	0.52	31.25	16.37
MAQUINA PERFORADORA		PP	186.67	0.15	28.00
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	444.03	39.96
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	444.03	31.08
TOTAL:					794.02

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.2 Precio Unitario de Instalación de Malla Electrosoldada (Guarda Cabeza)

Cuadro 8.

Precio unitario de malla electrosoldada (guarda cabeza)

MALLA ELECTROSOLDADA (guarda cabeza)				AVANCE:	60.00	M2/GRD
MALLA ELECTROSOLDADA (A CTA DEL CLIENTE)		M2	1.25	-	-	-
JEFE DE GUARDIA	0.2000	HH	0.08	17.27	1.31	
ING. DE SEGURIDAD	0.2000	HH	0.08	15.96	1.21	
LIDER EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	0.18	8.25	1.44	
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	0.18	7.05	1.23	
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	2.0000	HH	0.35	6.25	2.19	
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.2000	HH	0.04	7.05	0.25	
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	0.4000	HH	0.07	6.65	0.47	8.11
EQUIPO TREPADOR 101 A 200	0.1000	HM	0.02	70.00	1.23	
CABLE AUTO SOPORTADO 101 A 200		TAR	0.02	34.22	0.57	
CARRILES 101 A 200		TAR	0.02	57.29	0.95	
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	8.11	0.73	
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	8.11	0.57	4.05
TOTAL:						12.15

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.3 Precio Unitario de Instalación de Split Set 5pies Sección 2.80m x 2.80m

Cuadro 9.

Precio unitario de instalación de split set 5pies con el método Alimak.

SPLIT SET 5' (guarda cabeza)				AVANCE:	40.00	UND/GRD
SPLIT SET DE 5 PIES Y ACC. (A CTA DEL CLIENTE)		UND	1.05	-	-	
ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.01	9.58	0.12	
BARRA CONICA 4 PIES		UND	0.00	74.47	0.32	
BARRA CONICA 6 PIES		UND	0.00	98.56	0.42	
BROCA DESCARTABLE		UND	0.02	27.81	0.67	
MANGUERA DE 1 "		ML.	0.01	5.82	0.03	
MANGUERA DE 1/2 "		ML.	0.01	2.32	0.01	
ADAPTADOR DE PERNO HELICOIDAL		UND	0.01	88.00	0.44	2.01
JEFE DE GUARDIA	0.3000	HH	0.17	17.27	2.96	
ING. DE SEGURIDAD	0.3000	HH	0.17	15.96	2.73	
LIDER EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	0.26	8.25	2.17	
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	0.26	7.05	1.85	
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	2.0000	HH	0.53	6.25	3.28	
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.3000	HH	0.08	7.05	0.56	
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	0.6000	HH	0.16	6.65	1.05	14.59
EQUIPO TREPADOR 101 A 200	0.2000	HM	0.05	70.00	3.68	
CABLE AUTO SOPORTADO 101 A 200		TAR	0.03	34.22	0.86	
CARRILES 101 A 200		TAR	0.03	57.29	1.43	
MAQUINA PERFORADORA		PP	5.00	0.15	0.75	
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	14.59	1.31	
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	14.59	1.02	9.05
TOTAL:						25.65

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.4 Precio Unitario de Instalación de Anillo Base Para Cimbra Sección 2.80m x 2.80m

Cuadro 10.

Precio unitario de instalación de anillo base con el método Alimak.

ANILLO BASE PARA CIMBRA				AVANCE:	0.50	UND/GRD
RIEL 3.40 MT, INC. ACCESORIOS (A CTA DEL CLIENTE)		UND	4.00	-	-	
JEFE DE GUARDIA	1.0000	HH	21.00	17.27	362.64	
ING. DE SEGURIDAD	1.0000	HH	21.00	15.96	335.14	
LIDER EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	21.00	8.25	173.30	
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	21.00	7.05	148.08	
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	2.0000	HH	42.00	6.25	262.55	
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	14.70	7.05	103.66	
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	0.5000	HH	10.50	6.65	69.84	1,455.21
EQUIPO TREPADOR 0 A 100	0.5000	HM	10.50	65.00	682.50	
CABLE AUTO SOPORTADO 0 A 100		TAR	2.00	18.67	37.34	
CARRILES 0 A 100		TAR	2.00	31.25	62.50	
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	1455.21	130.97	
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	1455.21	101.86	1,015.17
TOTAL:						2,470.38

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.5 Precio Unitario de Cuadro Metálico más Perno de Anclaje -Sección 2.80m x 2.80m

Cuadro 11.

Precio unitario de cuadro metálico tipo L + perno de anclaje con el equipo Alimak - sección 2.80x2.80m

CIMBRA, 2.80 x 2.80 M				AVANCE:	1.50	UND/GRD
ACEITE DE PERFORACION		GLN	0.06	9.58	0.55	
BARRA CONICA 2 PIES		UND	0.01	55.33	0.59	
BARRA CONICA 4 PIES		UND	0.01	74.47	0.79	
BARRA CONICA 6 PIES		UND	0.01	98.56	1.05	
BROCA DESCARTABLE		UND	0.09	27.81	2.54	
MANGUERA DE 1 "		ML.	0.03	5.82	0.19	
MANGUERA DE 1/2 "		ML.	0.03	2.32	0.07	
CIMBRA, 2.80 X 2.80 M (A CTA DEL CLIENTE)		UND	1.00	-	-	
CANCAMO		UND	12.00	9.82	117.84	123.63
JEFE DE GUARDIA	0.6000	HH	4.20	17.27	72.53	
ING. DE SEGURIDAD	0.6000	HH	4.20	15.96	67.03	
LIDER EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	7.00	8.25	57.77	
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	7.00	7.05	49.36	
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	2.0000	HH	14.00	6.25	87.52	
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.6000	HH	4.20	7.05	29.62	
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	0.8000	HH	5.60	6.65	37.25	401.06
EQUIPO TREPADOR 101 A 200	0.2500	HM	1.75	70.00	122.50	
CABLE AUTO SOPORTADO 101 A 200		TAR	0.67	34.22	22.81	
CARRILES 101 A 200		TAR	0.67	57.29	38.19	
MAQUINA PERFORADORA		PP	60.00	0.15	9.00	
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	401.06	36.10	
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	401.06	28.07	256.68
TOTAL:						781.37

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.6 Precio unitario de Colocado de Bolsas Cret en la Chimenea

Cuadro 12.

Costos de bolsas Cret en Equipo Alimak

BOLSACRETE				AVANCE:	300.00	UND/GRD
CEMENTO PORTLAND TIPO I (A CTA DEL CLIENTE)		BLS	0.13	-	-	
ARENA GRUESA (A CTA DEL CLIENTE)		M3	0.03	-	-	
BOLSA DE RAFIA		UND	1.00	0.45	0.45	0.45
JEFE DE GUARDIA	0.2000	HH	0.02	17.27	0.26	
ING. DE SEGURIDAD	0.2100	HH	0.02	15.96	0.25	
LIDER EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.02	8.25	0.20	
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.02	7.05	0.17	
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.02	6.25	0.15	
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.02	7.05	0.17	
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	0.5000	HH	0.02	6.65	0.12	1.34
EQUIPO TREPADOR 101 A 200	0.1000	HM	0.00	70.00	0.25	
CABLE AUTO SOPORTADO 101 A 200		TAR	0.00	34.22	0.11	
CARRILES 101 A 200		TAR	0.00	57.29	0.19	
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	1.34	0.12	
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	1.34	0.09	0.76
TOTAL:						2.55

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.7 Precio Unitario de Instalación de Planchas Acanaladas de 1.50m

Cuadro 13.

Precio unitario de instalación de planchas acanaladas de 1.50m.

PLANCHAS ACANALADAS 1.5 M				AVANCE:	25.00	M2/GRD
OXIGENO		M3	0.15	2.37	0.36	
ACETILENO		BTL	0.01	125.00	0.63	
SOLDADURA SUPERCITO		KG	2.50	2.70	6.75	
PLANCHAS ACANALADAS (A CTA DEL CLIENTE)		M2	1.00	-	-	7.73
JEFE DE GUARDIA	0.6000	HH	0.55	17.27	9.46	
ING. DE SEGURIDAD	0.6000	HH	0.55	15.96	8.74	
LIDER EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	0.42	8.25	3.47	
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	1.0000	HH	0.42	7.05	2.96	
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	2.0000	HH	0.84	6.25	5.25	
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.4000	HH	0.17	7.05	1.18	
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	0.8000	HH	0.34	6.65	2.23	33.30
EQUIPO TREPADOR 101 A 200	0.2500	HM	0.11	70.00	7.35	
CABLE AUTO SOPORTADO 101 A 200		TAR	0.04	34.22	1.37	
CARRILES 101 A 200		TAR	0.04	57.29	2.29	
MAQUINA DE SOLDAR	0.5000	HM	0.21	2.50	0.53	
EQUIPO OXICORTE	0.5000	HM	0.21	1.50	0.32	
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	33.30	3.00	
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	33.30	2.33	17.18
TOTAL:						58.21

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.8 Precio Unitario de Instalación de Cinta Metálica Straps de 1.50m

Cuadro 14.

Precio unitario de instalación de cinta metálica Straps de 1.50m.

CINTA STRAP				AVANCE:	19.00	UND/GRD
CINTA STRAP, INC. ACCESORIOSI (A CTA DEL CLIENTE)		UND	1.00	-	-	
JEFE DE GUARDIA	0.2200	HH	0.26	17.27	4.56	
ING. DE SEGURIDAD	0.2200	HH	0.26	15.96	4.22	
LIDER EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.43	8.25	3.55	
PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.43	7.05	3.03	
AYUDANTE PERFORISTA EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.43	6.25	2.69	
MECANICO EQUIPO TREPADOR	0.7000	HH	0.43	7.05	3.03	
ELECTRICISTA EQUIPO TREPADOR	0.5000	HH	0.31	6.65	2.04	23.12
EQUIPO TREPADOR 0 A 100	0.1050	HM	0.06	65.00	3.77	
CABLE AUTO SOPORTADO 0 A 100		TAR	0.05	18.67	0.98	
CARRILES 0 A 100		TAR	0.05	31.25	1.64	
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		% M.O.	9.00%	23.12	2.08	
HERRAMIENTAS		% M.O.	7.00%	23.12	1.62	10.10
TOTAL:						33.22

Fuente: Área de costos – Operaciones Seprocal

5.2.9 Análisis de Precio Unitario de Sostenimiento con Cinta Metálica Straps de 1.50m

Cuadro 15.

Análisis de precio unitario de sostenimiento con cinta metálica straps de 1.50m con equipos Alimak.

ACTIVIDAD A REALIZARSE				COSTO
EXCAVACION DE CHIMENEA, SECCION 2.80 x 2.80 , 0 a 100 M, RT III Y IV	AVANCE:	2.10	ML/GRD	794.02
EXCAVACION DE CHIMENEA, SECCION 2.80 x 2.80 , 101 a 200 M, RT III Y IV	AVANCE:	2.00	ML/GRD	905.52
EXCAVACION DE CHIMENEA, SECCION 2.80 x 2.80 , 201 a 300 M, RT III Y IV	AVANCE:	1.90	ML/GRD	1058.08
SPLIT SET 5' (guarda cabeza)	AVANCE:	40.00	UND/GRD	25.65
MALLA ELECTROSOLDADA (guarda cabeza)	AVANCE:	60.00	M2/GRD	12.15
CIMBRA, 2.80 x 2.80 M	AVANCE:	1.50	UND/GRD	781.37
PLANCHAS ACANALADAS 1.2 M	AVANCE:	25.00	M2/GRD	58.21
ANILLO BASE PARA CIMBRA	AVANCE:	0.50	UND/GRD	2470.38
BOLSACRETE	AVANCE:	300.00	UND/GRD	2.55
COSTO TOTAL (\$/GRD)				6,107.93

Fuente: Elaboración propia

5.2.10 Análisis de Precio Unitario de Sostenimiento con Cimbra Metálica de 2.80m x 2.80m con Equipos Alimak.

Cuadro 16.

Análisis de precio unitario de sostenimiento con cimbra metálica de 2.80m x 2.80m con equipos Alimak.

ACTIVIDAD A REALIZARSE				COSTO
EXCAVACION DE CHIMENEA, SECCION 2.80 x 2.80 , 0 a 100 M, RT III Y IV	AVANCE:	2.10	ML/GRD	794.02
EXCAVACION DE CHIMENEA, SECCION 2.80 x 2.80 , 101 a 200 M, RT III Y IV	AVANCE:	2.00	ML/GRD	905.52
EXCAVACION DE CHIMENEA, SECCION 2.80 x 2.80 , 201 a 300 M, RT III Y IV	AVANCE:	1.90	ML/GRD	1058.08
SPLIT SET 5' (guarda cabeza)	AVANCE:	40.00	UND/GRD	25.65
CINTA STRAP	AVANCE:	19.00	UND/GRD	33.22
COSTO TOTAL (\$/GRD)				2,816.49

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los cuadros anteriores podemos decir que los precios unitarios para sostenimiento de columna de chimenea con cimbra metálica 2.80m x 2.80m son mayores que el sostenimiento con cinta metálica Strap.

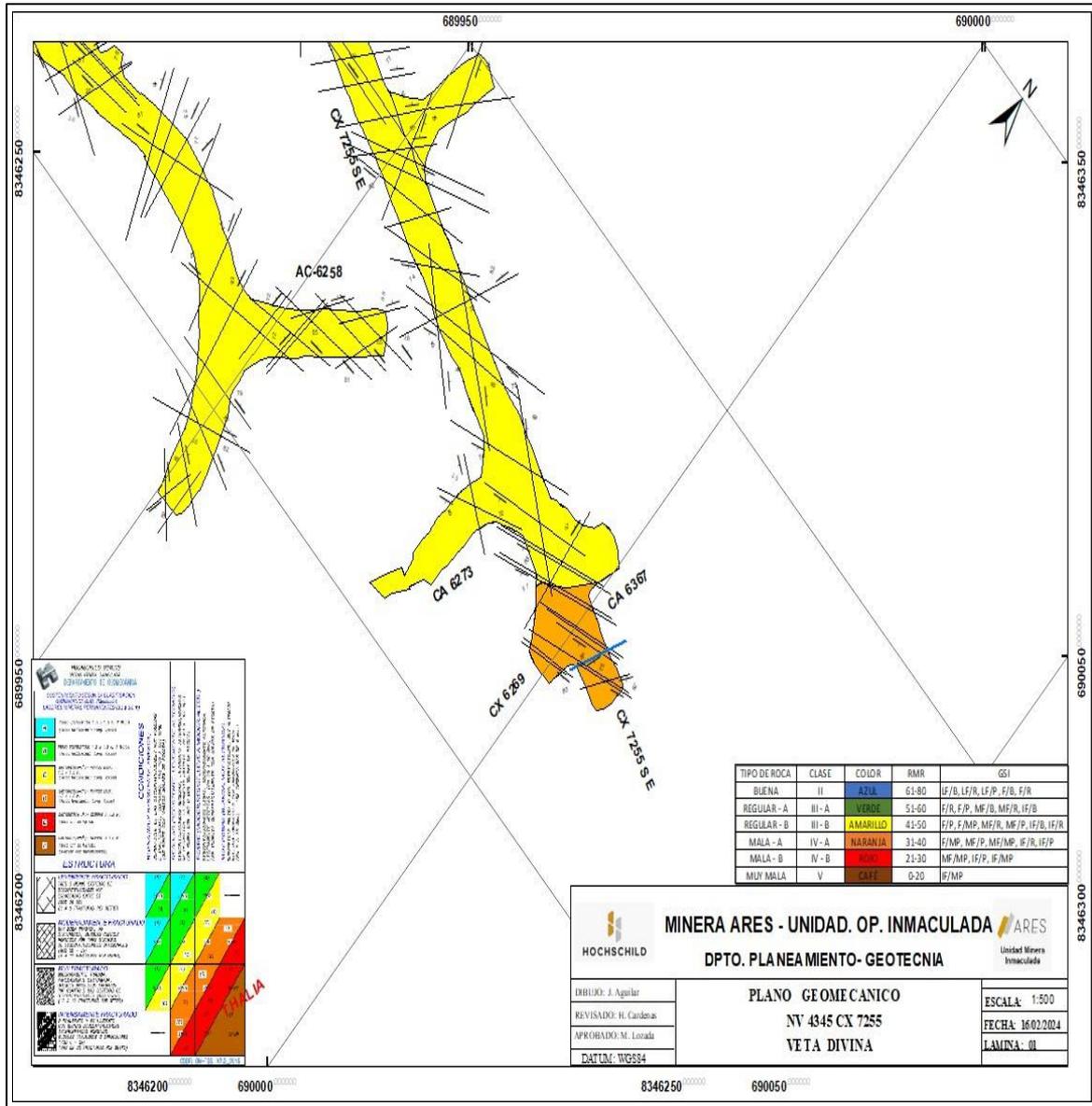
5.3 Análisis Geomecánica de la Chimenea-126.2

5.3.1 Plano Geomecánico

De acuerdo a la toma de datos recolectados se ha realizado la zonificación Geomecánica y a la vez se han planteado las familias de discontinuidades (Fallas y Juntas).

Figura 45.

Plano Geomecánico labores aledañas - Nv 4345 CH 126.2



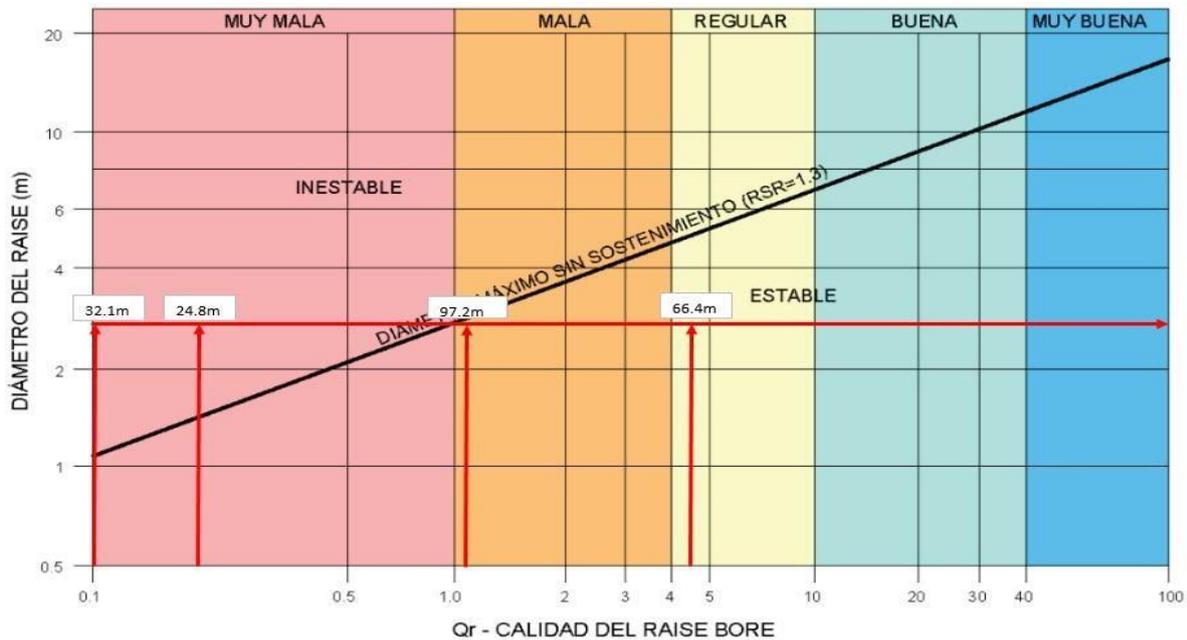
Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

5.3.2 método de índice de calidad

Este método, desarrollado por McCracken y Stacey (1989), evalúa la estabilidad de excavaciones verticales (chimeneas, piques) realizadas mediante el método de excavación con raise bore. Siendo Q_r el parámetro de entrada y el diámetro de la excavación vertical, tal como se aprecia en la figura.

Figura 46.

Relación del diámetro de la chimenea máxima sin sostenimiento y el Q_r



Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

El resultado del logeo del sondaje DDH-CH-126.2, considerando un factor de corrección de (-5), muestra roca Regular IIIB en un 35%, roca Mala IVA en un 44%, Mala IVB en un 12% y roca Muy Mala (V) en un 9%.

En zona de superficie en un tramo de 1.52m se tiene material cuaternario de muy mala calidad (tipo V) y posteriormente en el tramo 70.20m-71.40m se tiene 1.20m de falla de muy mala calidad (tipo V), en el tramo 112.30m-116.70m se tiene 4.40m de falla de muy mala calidad (tipo V) y en el tramo 132.1m – 141.10m se tiene 9m de falla de muy mala calidad.

En los primeros 130 metros la matriz rocosa presenta argilización moderada, pasando el tramo de falla la matriz rocosa presenta silicificación moderada y los rellenos de fractura mayormente duros.

En la zona de superficie (llegada) se tiene 9.5m se tiene material cuaternario y Debris Flow descompuesto, macizo de muy mala calidad (tipo V), por lo cual esta columna de 9.5m debe de ser retirada antes de la comunicación a superficie mediante desbroce o aplicar la metodología de pique descendente. Según la figura 10, para aberturas de 3.1m y 2.8m requiere

sostenimiento oportuno

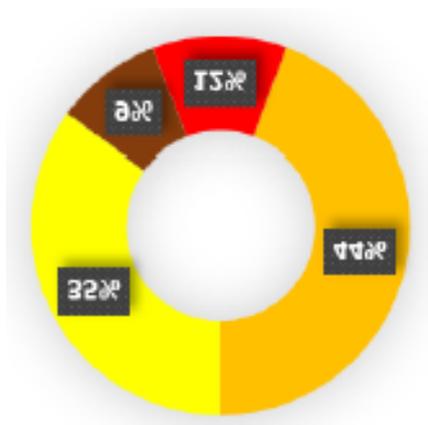
Por la información obtenida, el método constructivo recomendado de la chimenea es mediante RC, con una sección de 2.80 x 2.80, esto para poder tener un mejor control de la excavación y de esta manera realizar un correcto y oportuno sostenimiento.

El espaciado aproximado entre cimbras recomendado será de 1.0m en roca Mala IVB, de 1.2m en roca Mala IVA y un espaciado de 1.5m en roca Regular IIIB. Cualquier variación en el espaciamiento u otra recomendación de tipo de sostenimiento será según evaluación geomecánica.

5.3.3 Distribución e Incidencia por Tipo de Roca

Figura 47.

Distribución e incidencia por tipo de roca



Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

Tabla 11.

Distribución e incidencia de tipo de roca

Etiquetas de fila	Suma de Tramo	Suma de Porcentaje
Regular III-B	89.50	34.96%
Mala IV-A	113.52	44.34%
Mala IV-B	29.48	11.52%
Muy Mala V	23.50	9.18%
Total general	256	100.00%

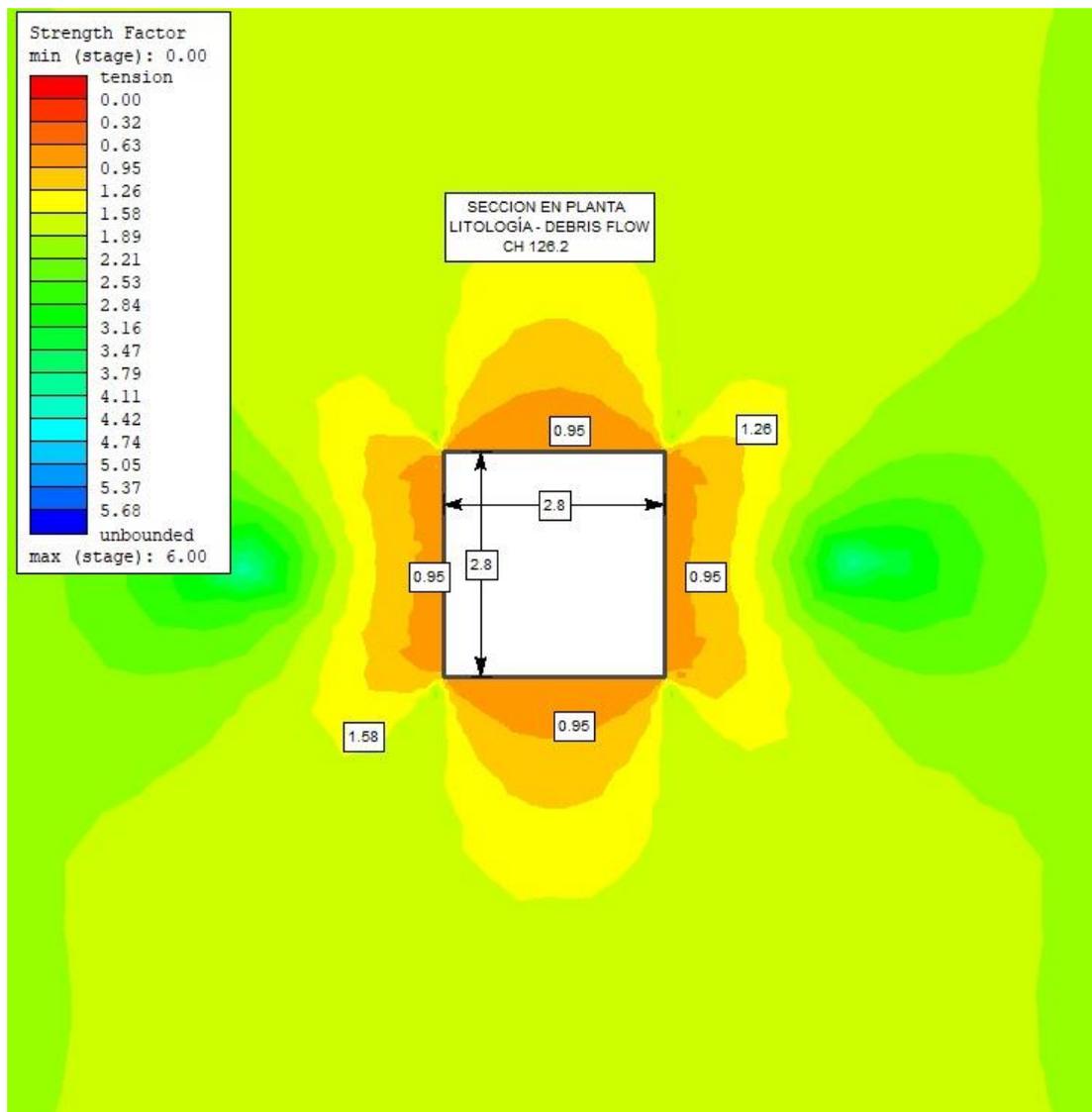
Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

5.3.4 Análisis de Estabilidad y Modelamiento de Sostenimiento

A fin de determinar el grado de estabilidad de la CH- 126,2, se muestra los resultados obtenidos de los modelamientos numéricos realizados al proyecto de la Raice Climber 126,2 con una sección de 2,80m x 2,80m para dicho modelamiento se usó el programa RS2.

Figura 48.

Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación en la Cota 4500, de la CH- 126.2 sin considerar sostenimiento.

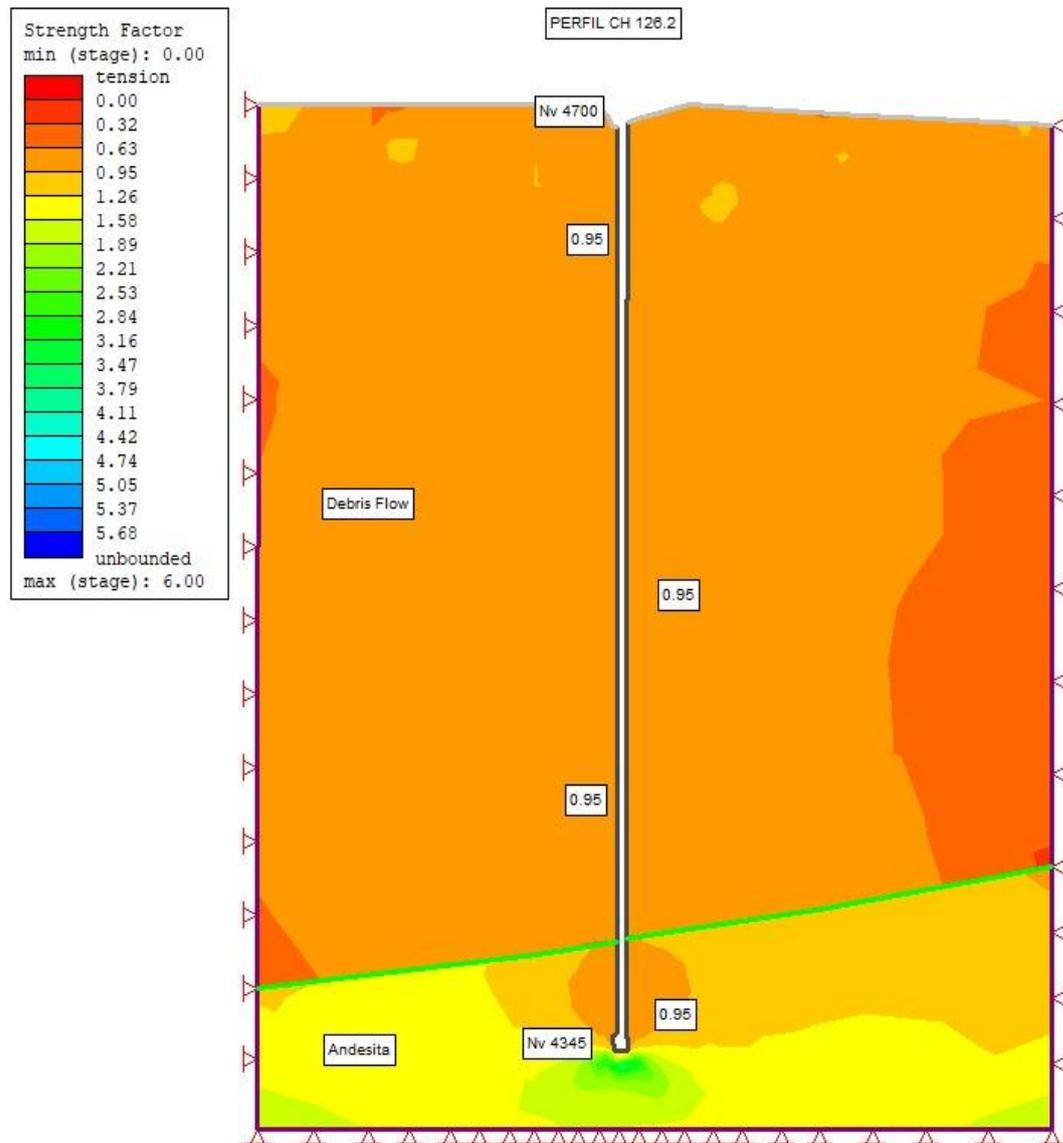


Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

En el contorno de la de la CH 126.2 de la Cota 4500 con litología granodiorita, se observan factores de seguridad de 0.95 menor a 1.0, lo que indica que la CH-126.2 se encuentra en una zona plástica (INESTABLE).

Figura 49.

Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación del NV-4345 al Nv-4700 superficie de la CH-126.2 sin considerar sostenimiento.

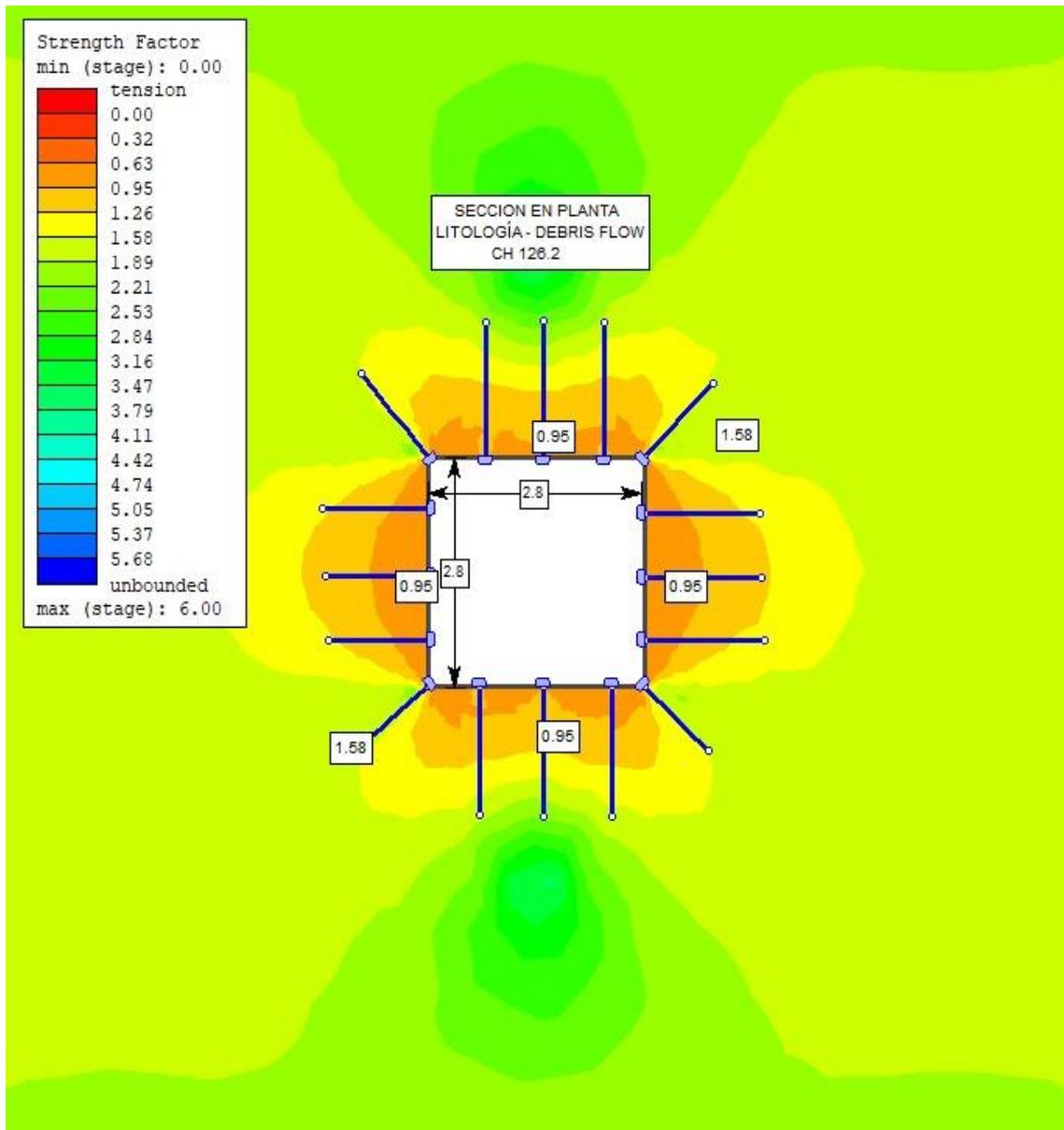


Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

Realizando la Excavación del NV-4345 al NV-4700 superficie de la CH-126.2 sin considerar sostenimiento.

Figura 50.

Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación en la Cota 4500, de la CH-126.2 considerando el sostenimiento con cinta strap + Split set de 4pies.

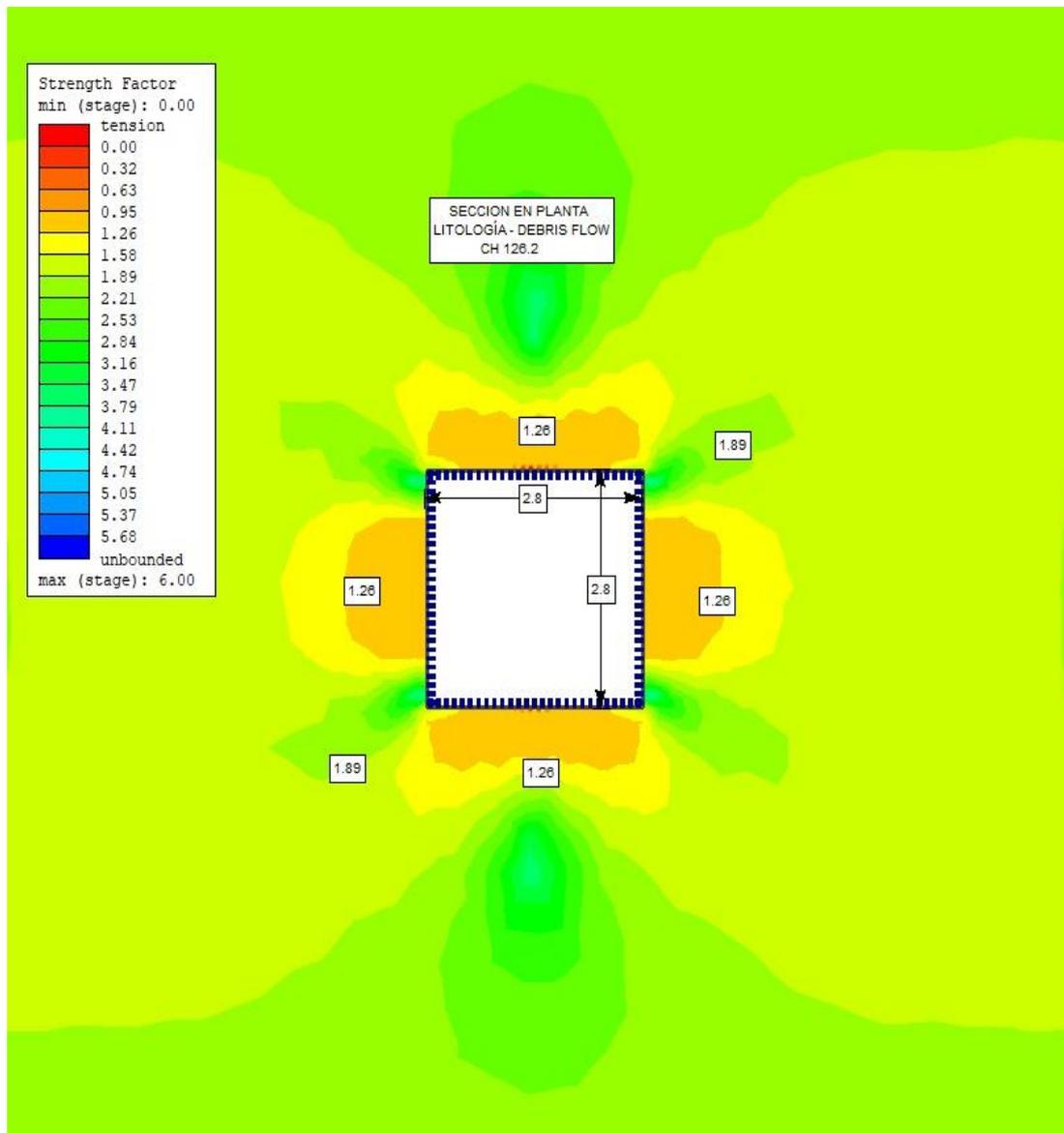


Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

En el contorno de la CH-126.2 de la Cota 4500, se observan factores de seguridad de 0.95 y 0.97 menores a 1.0, lo que indica que la CH-126.2 se encuentra en una zona plástica **(INESTABLE)**.

Figura 51.

Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación en la Cota 4500, de la CH-126.2 considerando el sostenimiento con Cuadro Metálico.

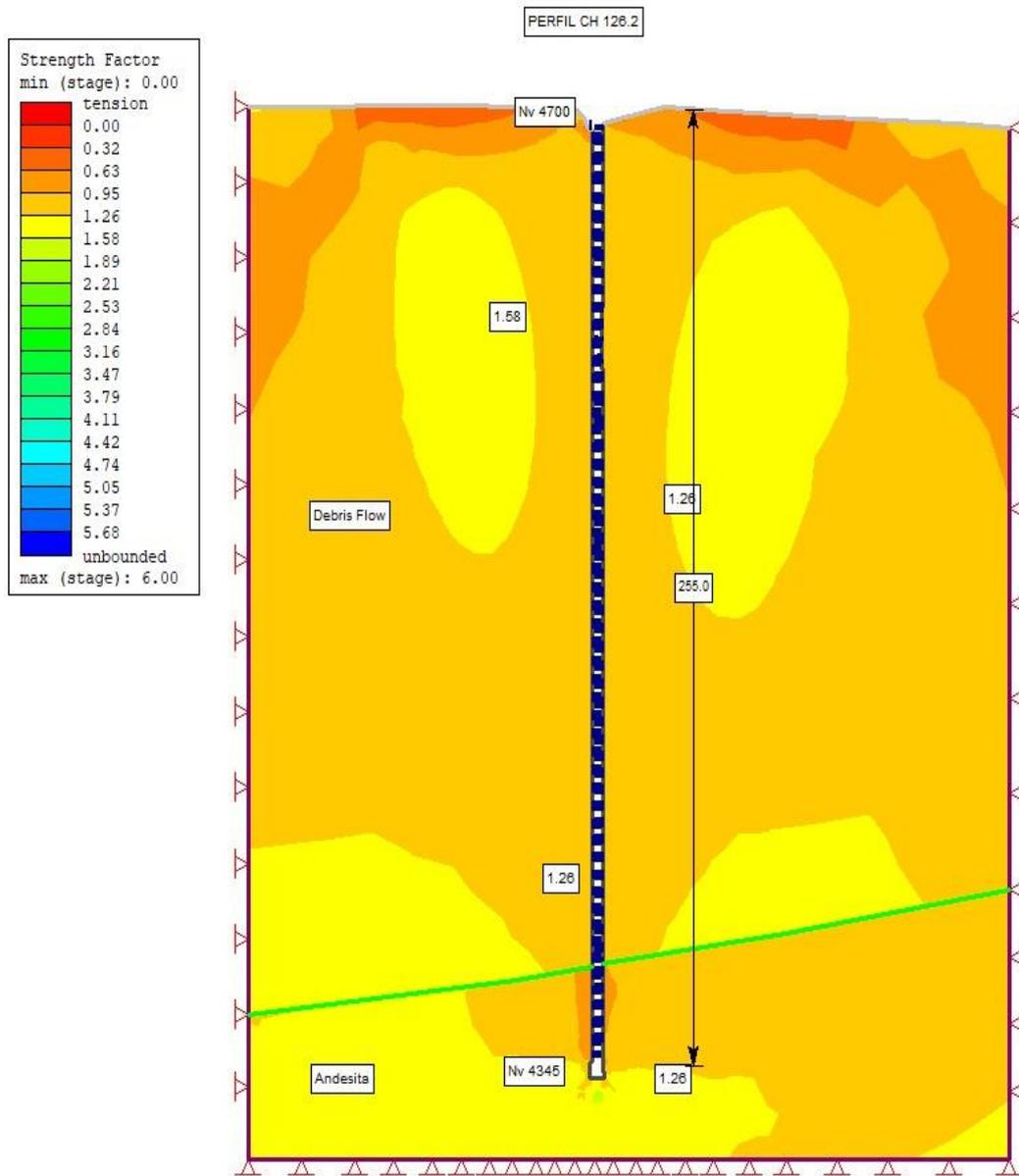


Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

El Sostenimiento con Cuadro Metálico, se obtienen factores de seguridad de 1.25 mayores a 1.0 lo que indica la CH-126.2 se encuentra **ESTABLE** en la cota de comunicación.

Figura 52.

Strength Factor en Base al Análisis Tenso-Deformacional Realizando la Excavación del NV-4345 al NV-4700 superficie, de la CH-126.2 considerando el sostenimiento con Cuadro Metálico.



Fuente: Área de Geología – Unidad Minera Inmaculada

5.3.5 Comparación de Factor de Seguridad Según su Sostenimiento

Cuadro 17.

Comparación de factor de seguridad según su sostenimiento.

SOSTENIMIENTO	FACTOR DE SEGURIDAD			
	LADO TECHO	LADO PISO	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO
sin considerar sostenimiento	0.95	0.95	0.95	0.95
con cinta strap + Split set de 5pies.	0.95	0.95	0.95	0.95
con Cuadro Metálico.	1.26	1.26	1.26	1.26

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que, con la aplicación de cuadros metálicos en el sostenimiento de columna de chimenea, mejora su factor de seguridad de 1.25.

5.4 Discusiones.

En cuanto al objetivo general: Se mejoro el avance, con la aplicación de cuadros metálicos y planchas acanaladas en el sostenimiento de columna de chimenea, dado que el sostenimiento con cinta metálica Strap genera 45 días más (1.5 meses) de demora a comparación de sostenimiento con cuadro metálico y planchas acanaladas. Por otro lado, se obtiene mejores resultados en factores de seguridad de 1.25 mayores a 1.0 con sostenimiento con cuadro metálico. De acuerdo con los antecedentes encontrados en la presente investigación coinciden relativamente con el trabajo de Aguilar Jamanca (2021) llevó a cabo un estudio titulado “*Jaula trepadora Alimak para mejorar la construcción de la chimenea Raise Climber 46-NV-2870 - Unidad Minera San Andrés de Minera Aurífera Retamas S.A.*”, desarrollado en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. En el cual se encontró que la jaula trepadora Alimak mejora la construcción de la chimenea con la optimización de operaciones (costos, avance por disparo, tiempo de construcción de chimenea, eficiencia en el sostenimiento y la mejora de las estadísticas de seguridad), que garantiza la estabilidad de la labor minera subterránea.

En objetivo específico: Se concluyó que el costo de las operaciones es relativamente mayor a comparación con el sostenimiento con cinta Strap, la cual su costo elevado no es inconveniente para usar el sostenimiento con cuadros metálicos porque con ello aumenta el avance y la vida útil de la chimenea, disminuyendo el colapso prematuro de la chimenea. De acuerdo con los antecedentes encontrados en la presente investigación coinciden relativamente con el trabajo de Yucra Cartolin (2021) llevó a cabo una investigación en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, titulada “*Mejoramiento de las operaciones mineras con la construcción de chimenea RC-1256 con método plataforma trepadora Alimak en Sotrami S.A.*” En el cual se encontró el costo de construcción de chimeneas con la Plataforma Trepadora Alimak en la Empresa Minera Sotrami S.A, se determinó como la suma de los gastos generales, costo de movilización de Lima a mina y viceversa, trabajos preliminares, costo de ejecución de la chimenea, costos de sostenimiento, dando un total de \$ 509 320.77.

CONCLUSIONES

- a) Se determinó que la situación actual de la construcción de chimenea sosteniendo con cinta metálica Straps, demora en tu tiempo de ejecución, estas demoras se deben al mantenimiento de columna de chimenea (2 guardias por semana). Por otro lado, se obtiene factores de seguridad de 0.95 menores a 1.0.
- b) Se determinó que los parámetros Geomecánicos y geológicos, el logueo del sondaje DDH-CH-126.2, muestra roca Regular IIIB en un 35%, roca Mala IVA en un 44%, Mala IVB en un 12% y roca Muy Mala (V) en un 9%. Con estos resultados se mejora la eficiencia en el sostenimiento de acuerdo recomendación geomecánica (metro avanzado metro sostenido). Usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5E.
- c) Se determinó que en los procesos de perforación y voladura se alcanzó un avance lineal de 1.56m por disparo, con una eficiencia de perforación de 95% y eficiencia de voladura 90%, también se incrementó el factor de potencia hasta 1.92 en tipo de roca IIIB para disminuir la granulometría de la carga, esto con la finalidad de reducir los daños que se generan en la columna de la chimenea, por el impacto de la carga producto de la voladura.
- d) Se concluyó que el costo de las operaciones es relativamente mayor a comparación con el sostenimiento con cinta strap, la cual su costo elevado no es inconveniente para usar el sostenimiento con cuadros metálicos porque con ello aumenta el avance y la vida útil de la chimenea, disminuyendo el colapso prematuro de la chimenea.
- e) Se mejoró el avance, con la aplicación de cuadros metálicos y planchas acanaladas en el sostenimiento de columna de chimenea, dado que el sostenimiento con cinta metálica Strap genera 45 días más (1.5 meses) de demora a comparación de sostenimiento con cuadro metálico y planchas acanaladas. Por otro lado, se obtiene mejores resultados en factores de seguridad de 1.25 mayores a 1.0 con sostenimiento con cuadro metálico.

RECOMENDACIONES

- a) La situación actual de la construcción de la chimenea exige implementar nuevas tecnologías de construcción, lo cual es esencial elegir personal capacitado y con experiencia significativa en la construcción de chimeneas con plataforma trepadora Alimak.
- b) Se recomienda seguir los parámetros Geomecánicos y geológicos del logeo del sondaje DDH-CH-126.2, cuando se esté perforando en una falla o en tipo de roca mala, el avance se debe de realizar solo con percutado, a fin de evitar inconvenientes en desarrollo de la chimenea ya que minería subterránea las condiciones pueden cambiar repentinamente.
- c) En los procesos de perforación y voladura se recomienda incrementar el factor de potencia para disminuir la granulometría de la carga, esto con la finalidad de reducir los daños que se generan en la columna de la chimenea, por el impacto de la carga.
- d) Se recomienda optimizar los costos para la ejecución de chimeneas con sostenimiento de cuadro metálico ya que el costo de las operaciones es relativamente mayor a comparación con el sostenimiento con cinta Strap.
- e) Se recomienda en U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING. La aplicación de cuadros metálicos para el sostenimiento de la columna de chimenea ya que nos permite mayor avance y mejora de operaciones en la construcción de chimeneas con el Sistema Alimak.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alimak, I. (1990). plataforma trepadora Alimak manual de instrucciones.
- LINDEN ALIMAK. (2016). “Manual de Instrucciones”.
- SEGECAL. (2024-2025). Equipo trepador alimak manual de servicio. (SEGECAL,2025).
- Bernia, I. o. (1987). Manual de perforación y voladura de rocas. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- EXSA Explosivos. (2009). Manual Práctico de Perforación y Voladura.
- Ministerio de Energía y Minas. (2017). Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Lima: ISEM.
- Castillo, G. M. (2015). Implementacion del Sistema Alimak en la Unidad Minera Final del Arco Iris . Piura.
- Catare, C. A. (2011). Analisis Comparativo de Metodos Mecanizados para la Construcción de Chimeneas en la Unidad Minera Retamas-Parcoy. Tacna.
- Enriquez Laura, J. M., & Huiza Paytan, H. Z. (2019). Implementación de Precios Unitarios Frente a la Evaluación del Contrato por Administración Indirecta y sus Influencia en Márgenes de Utilidad de la contratista Minera Amantina Perú. (Tesis). Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica.
- Granados Huaytalla, H. (2010). Excavación de Chimeneas con Equipo Raise Climber. (Tesis). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ta Edic ed.). México: Mc Graw Hill.
- Ollachica Hacha , H., & Ollachica, S. A. (2019). Optimización en la Construcción de Chimenea en la veta Ánimas mediante el Método de Perforación Raise Boring en la Minera Bateas SAC, Caylloma. (Tesis). Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa.
- Salinas, C. (1998). Construcción de Tuneles, Piques y Chimeneas. Santiago de Chile.
- Vílchez, W. E., & Vílchez, L. D. (2015). Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch.340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A. (Tesis). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- Herrera Herbert, J. (2019). Introducción a la Ventilación Minera. MADRID: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía.
- Hoek. (2002). Rock Engineering Course Tunnels in Weak Rock. Canada: Vancouver B.C. Instituto de ingenieros de Minas del Peru, P. (1989). Lima.

Llanque Maquera, O. E. (2012). Explotación Subterránea - Métodos y Casos Prácticos. Puno: Perú Offset Editors.

Gavilán V. Percy. (2018). "Excavación de chimeneas con jaulas trepadoras ALIMAK".

ANEXOS:

ANEXO 1: descripción de área de investigación

Ubicación

La U.M. Inmaculada-La unidad minera Inmaculada, se localiza al sur del Perú dentro de las provincias de Parinacochas y Paucar de Sara Sara en el departamento de Ayacucho, situado aproximadamente en Latitud $14^{\circ}57'27''S$ y Longitud $73^{\circ}14'42''W$.

La propiedad se encuentra a altitudes entre 3.900 y 4800 msnm en el Cinturón de Puquio-Caylloma y se localiza a 210 km al sur-oeste de la ciudad de Cuzco y 568 Km al noroeste de Arequipa, con las coordenadas UTM que se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 12.

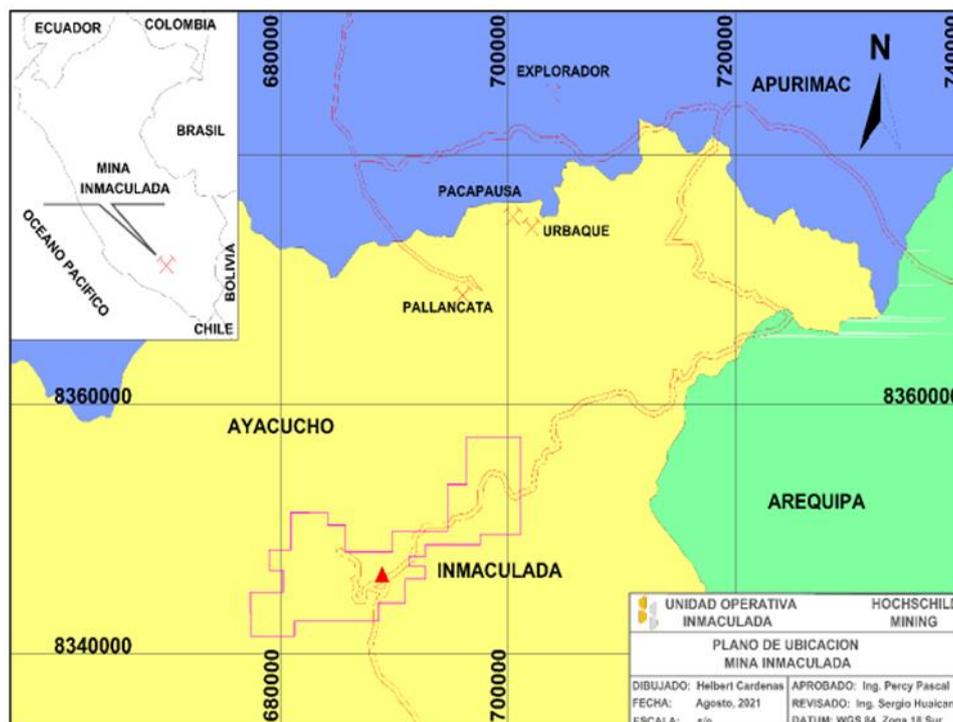
Coordenadas de U.M. inmaculada.

COTA	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
3900-4800 msnm	670000	8358000
	702000	8358000
	677000	8341000
	702000	8341000

Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Figura 53.

Plano de ubicación de la unidad minera Inmaculada.



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Acceso

El acceso a la zona a la Unidad Operativa se puede realizar de por vía aérea a Cuzco (1 hora) y luego por carretera asfaltada de Cuzco a Abancay (195 km), luego de Abancay a Chalhuanca (120 km) al centro poblado de Iscahuaca (43 km), y se accede al proyecto por una trocha carrozable de 138 km.

También se tiene acceso a la zona de la Unidad Operativa por vía terrestre desde Lima por la carretera Panamericana Sur hasta Nazca (460 km), donde se toma un desvío hacia el Este (por un ramal que conduce al Cuzco) por una carretera asfaltada hasta el poblado de Puquio (155 km).

Luego se continúa por una vía asfaltada hasta el poblado de Iscahuaca (142 km), desde donde se toma un desvío por trocha carrozable hacia la Unidad Operativa Inmaculada (138 km).

Tabla 13.

Accesibilidad a la Unidad Operativa Inmaculada

DE	A	TIPO DE VIA	TIEMPO (HORAS)	DISTANCIA
DESDE LIMA A LA UNIDAD MINERA INMACULADA				
Lima	Nazca	Asfaltada	6	460
Nazca	Puquio	Asfaltada	4	155
Puquio	Iscahuaca	Asfaltada	3	142
Iscahuaca	Inmaculada	Trocha	4	141
DESDE CUZCO A LA UNIDAD MINERA INMACULADA				
Lima	Cuzco	Vía aérea	1	590
Cuzco	Abancay	Asfaltada	4	195
Abancay	Charhuanaca	Asfaltada	3	120
Charhuanaca	Iscahuaca	Asfaltada	1	43
Iscahuaca	Inmaculada	Trocha	4	141
DESDE AREQUIPA A LA UNIDAD MINERA INMACULADA				
Arequipa	Chuquibamba	Asfaltada	3	228
Chuquibamba	Cotahuasi	Trocha	4	200
Cotahuasi	Inmaculada	Trocha	4	220

Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Figura 54.

Plano de Accesibilidad a la Unidad Operativa Inmaculada



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Clima

El proyecto se encuentra a una altitud promedio de 4 800 msnm con un clima frío-templado (la temperatura media anual se presenta en un rango de 9,5 – 12,5 °C), moderadamente lluvioso (la precipitación media anual es de 870,0 mm) y de amplitud térmica continental.

Flora y Fauna

Flora

Las formaciones vegetales presentes en el área de la unidad minera Inmaculada son principalmente el césped de puna, pajonal, roquedal y geliturbados. Es el césped de puna y el pajonal las formaciones que abarcan mayor área en la zona. Se registraron 31 especies de flora vascular, agrupadas en 21 géneros y 10 familias. Las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 12 y 8 especies respectivamente.

Fauna

Se registran para el área de influencia directa diversas especies de fauna, entre aves, reptiles y mamíferos. Esta cifra no necesariamente constituye el conocimiento global de biodiversidad en el área, por cuanto la presencia de fauna está influenciada normalmente por la estacionalidad y/o frecuencia de observación.

Según el D.S. N° 034-2004-AG, de los mamíferos avistados y potenciales en el área de la unidad operativa la especie “taruca” (*Hippocamelus antisensis*) registrados por literatura especializada (rango de distribución), se encuentran clasificada como especie en situación vulnerable (VU), mientras el “puma” *Puma concolor* y la “vicuña” (*Vicugna vicugna*) se encuentran clasificados como especies casi amenazadas (NT) cabe señalar que el puma ha sido registrado por literatura especializada mientras que la vicuña ha sido avistada en el área de estudio.

En cuanto a las especies de aves, “el cóndor andino” (*Vultur gryphus*) y “parihuana común” (*Phoenicopterus chilensis*) avistadas en el área, se encuentran clasificadas como una especie en peligro (EN) y como casi amenazadas (NT) respectivamente.

Geología regional

La unidad minera Inmaculada se encuentra ubicada en la cordillera occidental del sur del Perú, la cual está compuesta por volcánicos del cretácico y terciario y en menor medida secuencias sedimentarias con intrusivo del terciario. Los yacimientos de oro se encuentran situados dentro de la franja cenozoica Puquio-Caylloma y están asociados con volcánicos e intrusiones. Las zonas mineralizadas se alojan en rocas volcánicas en forma de sistemas de vetas epitermales de cuarzo con mineralización de Ag-Au incluyendo los depósitos de baja sulfuración (“LS”, por sus siglas en inglés) de Pallancata, Ares y explorador, los depósitos de sulfuración intermedia (“IS”) de Arcata y Caylloma y los depósitos de Alta Sulfuración (“HS”) de Shila, Paula, Selene, Suyckutambo, Chipmo y Poracota. (Fuente: Área geología Inmaculada).

Geología Local

La U.M. Inmaculada-La unidad minera Inmaculada, se localiza al sur del Perú dentro de las provincias de Parinacochas y Paucar de Sara Sara en el departamento de Ayacucho, situado aproximadamente en Latitud 14°57'27"S y Longitud 73°14'42"W.

Las rocas más antiguas dentro de la propiedad son sedimentos marinos clásticos del mesozoico de la formación Soraya, de probable edad cretácica media. La formación Soraya consta de areniscas calcáreas y areniscas de grano fino a medio. Subyacen a la formación Soraya capas rojas (o “red beds”) continentales de la formación Mara del cretácico. La formación Mara está compuesta por limolitas, areniscas y conglomerados de capas gruesas. Ambas formaciones mesozoicas afloran en las inmediaciones de las áreas objetivo de Minascucho y San Salvador, ubicadas dentro de la propiedad. En estas localidades, las rocas mesozoicas subyacen en forma discordante a las rocas volcánicas del grupo Tacaza del oligoceno medio (30 Ma), que alcanzan una potencia de 600 a 800 m. (Fuente: Área geología Inmaculada).

Las ocurrencias minerales conocidas en la propiedad se encuentran en los volcánicos del grupo Tacaza. La secuencia de Tacaza está compuesta por una unidad basal delgada de toba de lapilli riódacítica, que subyace a una secuencia gruesa de flujos andesíticos, brechas y tobas. También ocurren algunos sedimentos epiclásticos locales intercalados dentro de las andesitas. Pequeños stocks y diques de composición andesítica se encuentran dentro de las rocas mesozoicas del basamento en Minascucho y San Salvador. Se cree que éstas constituyen las alimentadoras de las brechas y flujos más voluminosos. Domos riolíticos pequeños, emplazados dentro de las andesitas del grupo Tacaza, afloran en el sector suroccidental de Minascucho y en Tararunqui. (Fuente: Área geología Inmaculada).

En Minascucho y San Salvador, las secciones del grupo Tacaza ubicadas a mayor altura están representadas por areniscas laminadas, areniscas tobáceas y conglomerados que fueron depositados en un ambiente lacustre, dentro de un entorno tipo graben (el Graben Minascucho). Los sedimentos lacustres alcanzan una potencia de aproximadamente 40 m. Tipos similares de sedimentos de origen lacustre también ocurren en la esquina suroeste del área de Quellopata. (Fuente: Área geología Inmaculada).

La formación Tacaza subyace a la formación Alfabamba del Mioceno en la parte suroriental de la propiedad. La formación Alfabamba está compuesta por secuencias delgadas de tobas líticas riódacíticas, con una potencia total de la formación de aproximadamente 800 m. (Fuente: Área geología Inmaculada).

Geología de las vetas de Quellopata

El área de Quellopata, que alberga a la veta Ángela, sobre yace a brechas y lavas andesíticas intercaladas de la formación Tacaza. Las andesitas son de color verdoso a purpúreo y porfiríticas. Las brechas parecen ser autóctonas. (Fuente: Área geología Inmaculada).

Se han delineado hasta cuatro flujos lávicos en Quellopata, los que están intercalados con brechas volcano-clásticas compuestas por clastos andesíticos dentro de una matriz andesítica. (Fuente: Área geología Inmaculada).

Geología de las vetas de Anta Patari

Las vetas Anta-Patari se encuentran ubicadas 8 km al suroeste de las vetas de Quellopata. Se reconocen seis vetas epitermales de Ag-Au de baja sulfuración: Patari Norte, Patari Sur, Patari, Anta Norte, Menor y Anta Sur. El sistema de vetas tiene rumbo noreste a este y una longitud de 300 m aproximadamente. Las vetas individuales tienen una orientación predominantemente al noreste y tienen un ancho que va de 0.3 a 6.0 m. Las vetas constan principalmente de una veta/brecha de cuarzo sacaroidal y de stockwork coliforme/crustiforme. (Fuente: Área geología Inmaculada).

Geología de las vetas de Cascara Huallhua

El área de Cascara-Huallhua está ubicada al suroeste de Anta-Patari. Se han identificado tres vetas epitermales de Ag-Au de baja sulfuración: Huallhua, Chaguaya e Ismo. La veta Huallhua ha sido mapeada por una longitud en rumbo de 600m aproximadamente. (Fuente: Área geología Inmaculada).

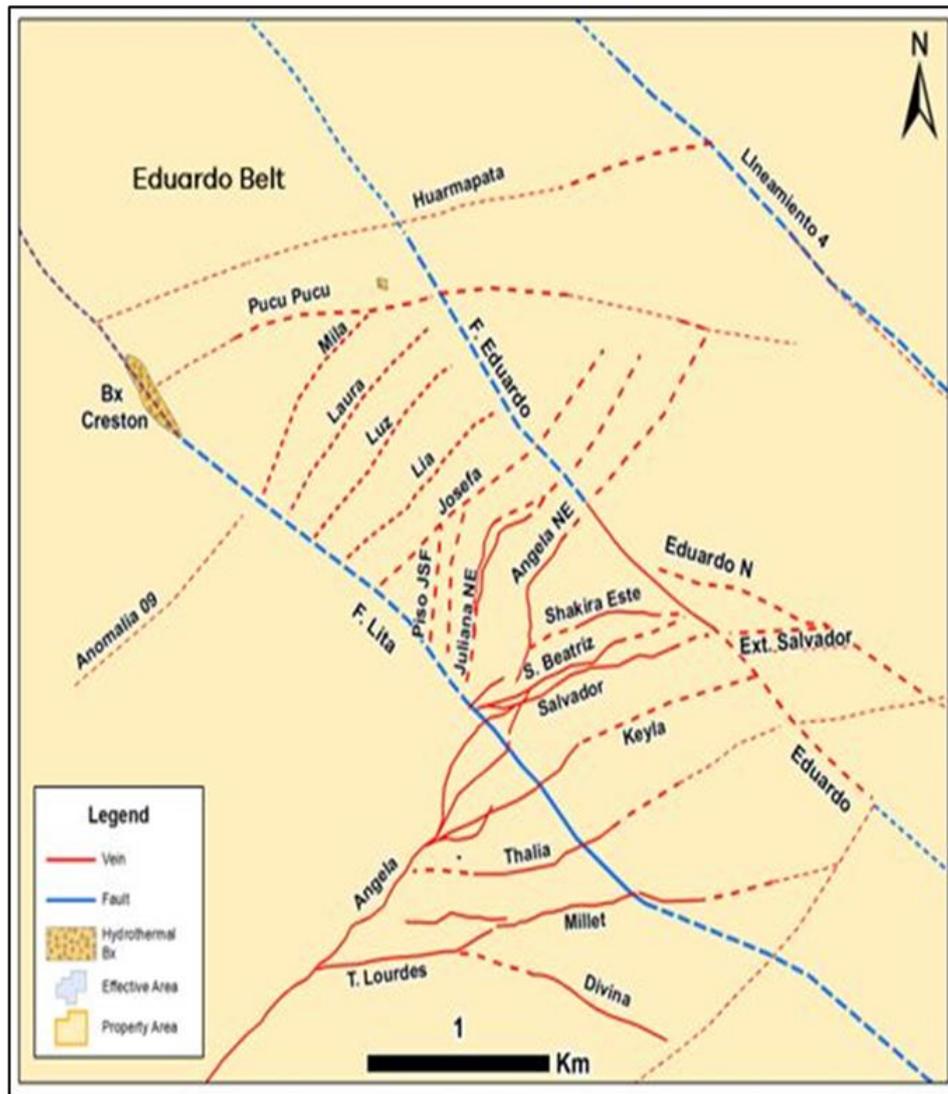
Geología de la veta Ángela

La veta Ángela aflora en la parte central del sistema de vetas de Quellopata y tiene un rumbo noreste (50°), buzamiento sureste (45° a 90°) y aflora en la superficie en una longitud de 700 m a lo largo del rumbo (desde la línea 9,600N a 10,300N). La veta ha sido intersecada en la perforación hacia el noreste hasta la línea 12,000N. La parte de la veta que presenta cantidades potencialmente económicas de metales preciosos hasta ahora se encuentra entre 10,000N y 11,800N, una longitud de 2,000 m a lo largo del rumbo. (Fuente: Área geología Inmaculada).

La veta varía en potencia de 0.5 m a 16.0 m, con un promedio aproximado de 6.0 m y se han observado dos generaciones de mineralización, un evento temprano de plomo-zinc y un evento tardío de oro-plata.

Figura 55.

Geología de las vetas Unidad Minera Inmaculada.



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Geología estructural

En contexto regional los mayores lineamientos estructurales son de azimut NW-SE; los cuales son cortados a su vez por lineamientos de azimut NE y otras de azimut NS. También se observan las estructuras circulares de las calderas de Selene-Explorador, Pallancata, Poracota, Caylloma, etc.

Fallas Principales

El lineamiento regional principal es de rumbo NW. Estas estructuras principales limitan y encierran las vetas en la zona de estudio. Como complemento según las observaciones de

campo las vetas en la zona de estudio tienen una orientación predominante de NE, con algunas vetas EW. La mayoría de estas vetas buzaban hacia el SE y relativamente con buzamiento pronunciado.

Fallas secundarias

La veta en Ángela es considerada como la veta principal ya que presenta más del 90% en recursos minerales, en superficie presenta una dirección predominante NE con buzamiento sub vertical a vertical, pero a profundidad la veta buza hacia el SE, con ángulos desde 90 hasta 60° en la zona más hacia el SW de la veta, sin embargo, más hacia el NE la veta presenta un buzamiento de 40° en promedio. (Hochschild Mining).

Geología Económica

Este yacimiento es aurífero y es uno de los más importantes de la cordillera oriental del sur del Perú. El yacimiento es de tipo estratiforme, Stock Work y diseminado dentro de las rocas del paleozoico inferior. La característica estructural del sistema son vetas, mantos y diseminaciones debido a la acción de productos hidrotermales que ascendieron por medio de fracturas y microfracturas, llevando iones libres de oro y sulfuros. El oro se encuentra en los sulfuros de hierro, como metal libre diseminado en las rocas y dentro de los mantos de cuarzo gris ahumado, además existe oro blanco denominado calaverita, por ser de fluidos de telurios. Entre los sulfuros se tiene los minerales como la pirrotita, que se encuentra en forma diseminada, en lentes, motas y acompañando a los mantos de cuarzo gris. La pirita, es común en la zona, se presenta en forma cúbica, se encuentra en las vetas, mantos, nódulos de cuarzo lechoso. La arsenopirita se encuentra acompañando a los sulfuros de fierro, plata y cobre. La estibina asociada a minerales de antimonio, plomo y en diseminados o en estructuras de mantos lenticulares de cuarzo gris emplazados en rocas filitas. La calcopirita, es la mena principal de cobre, se encuentra en pequeñas cantidades asociadas a la pirrotita, pirita, blenda, galena, esfalerita, etc. Es de origen hidrotermal.

Veta Angela - epitermal de Au+ Ag

El relleno de veta está conformado por cuarzo blanco opalino con texturas de reemplazamiento, pseudomorfos de calcita y baritina, restos de calcita, cuarzo coloforme bandeado, menor cuarzo sacaroides y calcedonia, con buen desarrollo de espacios abiertos. Dentro de las vetas y hacia los bordes presenta pirita cúbica oxidada, óxidos de Fe, illita y esméctita como relleno de cavidades, trazas de marcasita.

Zona 1

Veta de cuarzo blanco – hialino – calcedónico, con textura bandeada coloformecrustiforme y lamilar, disseminación de pirita 1%, sulfuros grises, Ox de Fe y Mn.

Zona 2

Veta de cuarzo blanco hialino, nódulos de cuarzo calcedónico, calcita-rodocrosita, texturas coloformes, crustiformes, masivas y reticulares, bandas de sílice gris, platas rojas (pirargirita), cobres grises.

Zona 3

Veta de cuarzo blanco de grano fino, con textura oquerosa, bandeada, coloforme, presenta platas rojas (pirargirita), débil disseminación de pirita.

Zona 4

Veta de cuarzo blanco de grano fino, con textura oquerosa, reemplazamiento, reticulada a bandeada, débil disseminación de sulfosales de Ag (Pirargirita), trazas de pirita.

Descripción de la mina

Producción

La producción del presente año contempla la explotación de tajos en las siguientes estructuras Keyla, Splay Angela, Angela, Barbara, Angela Conexión, Brenda, Sheyla Bety, Ramal 1, Rubi, Ramal 5, Noelia, Susana Beatriz, Angela NE, Pilar, Salvador, Millet, Thalia, Tensional Lourdes, Jose, Shakira Oeste, Luciana, Tula, Divina y Dora.

Desarrollo

Actualmente los accesos principales para acceder a la veta principal Angela , es por la bocamina 4300, bocamina 4400 y bocamina 4500, Las labores principales cuentan con una sección de 4.50 x 4.00 m., asimismo, se tiene las Rampas de sección 4.50 x 4.00 m. con +/- 12% de gradiente y Rampas Positivas con sección 3.0 x 3.0 m. con gradiente +/-15% que sirven de acceso a los diferentes tajos en actual explotación..., los avances considerados para el periodo 2022 son consideradas en las siguientes estructuras, Angela, Angela conexión, Angela NE, Barbara, Bety, Brenda, Keyla, Millet, Noelia, Pilar, Ramal 1, Ramal 5, Rubi, Salvador, Shakira oeste, Sheyla, Splay Angela, Susana Beatriz, Tensional Lourdes y Thalia.

Métodos de explotación

En contexto regional los mayores lineamientos estructurales son de azimut NW-SE; los cuales son cortados a Como métodos de explotación se tiene:

- Taladros Largos Bench and Fill
- Corte y Relleno Ascendente Mecanizado Breasting Limpieza con Scoop
- Corte y Relleno Ascendente Semimecanizado Limpieza Mecanizado (con micro-scoop),
- Corte y Relleno Ascendente Convencional Breasting y Realce
- Corte y Relleno Ascendente Convencional Tajos de un solo ala

Corte Y Relleno Mecanizado Ascendente (CRM)

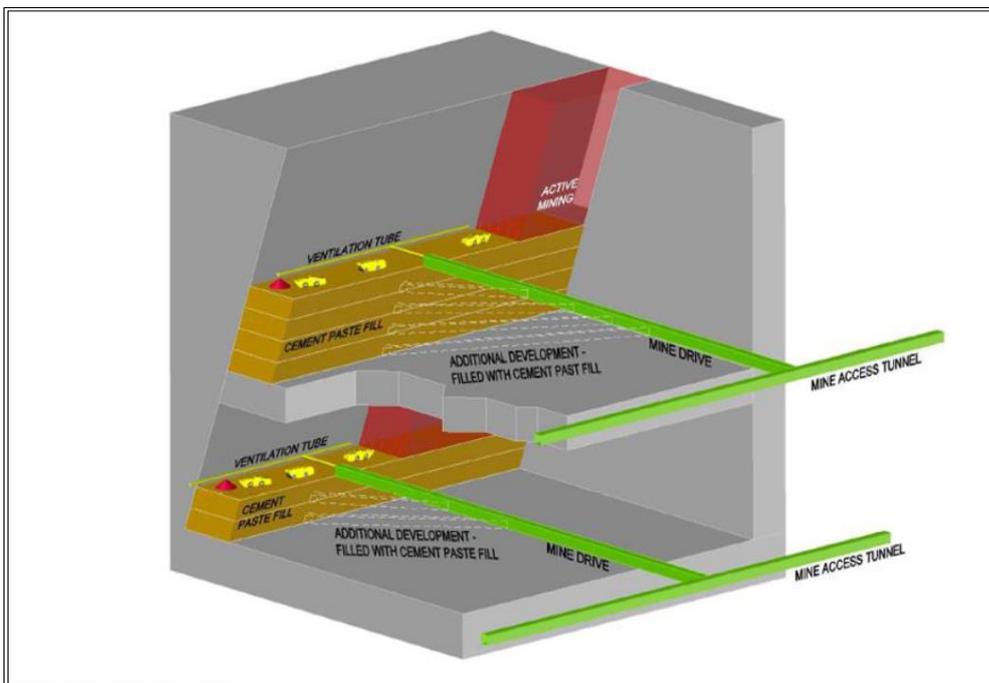
La longitud del tajeo está asociada a la longitud optima del rendimiento del equipo de acarreo y/o limpieza (hasta 100 metros por cada ala de explotación). La altura promedio del tajeo será de 3.00 metros medidos desde la corona del corte anterior y la corona proyectada a minar. El ancho del tajeo dependerá del equipo de limpieza, scooptram de 6 y 4 yd³. En la explotación del tajo se considerará minado en breasting. El tajo debe contar con acceso por basculante para ingreso de material, acceso del personal y equipos de extracción o sostenimiento de ser el caso. El batido de la basculante se realizará de acuerdo a la longitud de la basculante. La perforación del tajeo utilizará máquina perforadora Jumbo con barrenos de longitudes de 12 y 14 pies, el uso de la longitud de esos barrenos dependerá de la recomendación geomecánica.

La voladura del tajeo se realizará de acuerdo al estándar de malla de voladura. La limpieza de mineral se realizará con equipo scooptram hasta de 6 yd³, esto según la potencia del Ore. Para la etapa de relleno se deberá considerar relleno detrítico o pasta de acuerdo a la recomendación geomecánica. Sostenimiento después de cada disparo de acuerdo a la recomendación geomecánica.

La ventilación será forzada a través de mangas que ingresarán por la basculante del tajeo hasta el tope de acuerdo a los estándares. El circuito de ventilación se deberá garantizar de acuerdo a la recomendación del área de Servicios Mina. Topografía marcará la línea rasante a piso de relleno, durante el minado, a fin de controlar el nivel de piso. En los siguientes gráficos se aprecia los accesos y la secuencia de explotación.

Figura 56.

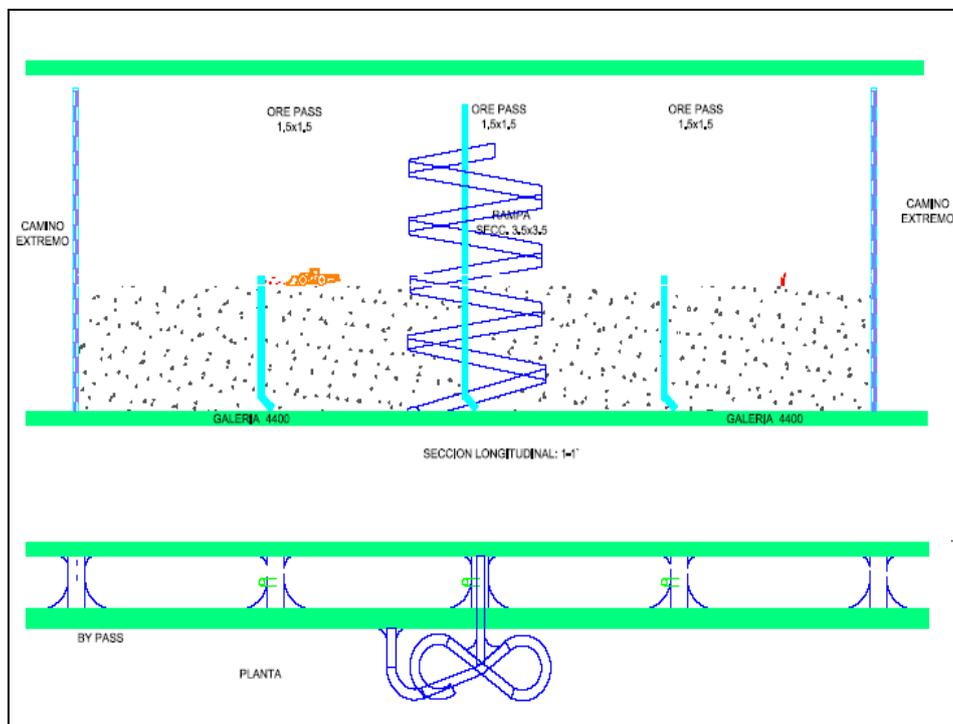
Accesos a la zona de explotación



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Figura 57.

Diseño de explotación Corte y Relleno Mecanizado en Breasting

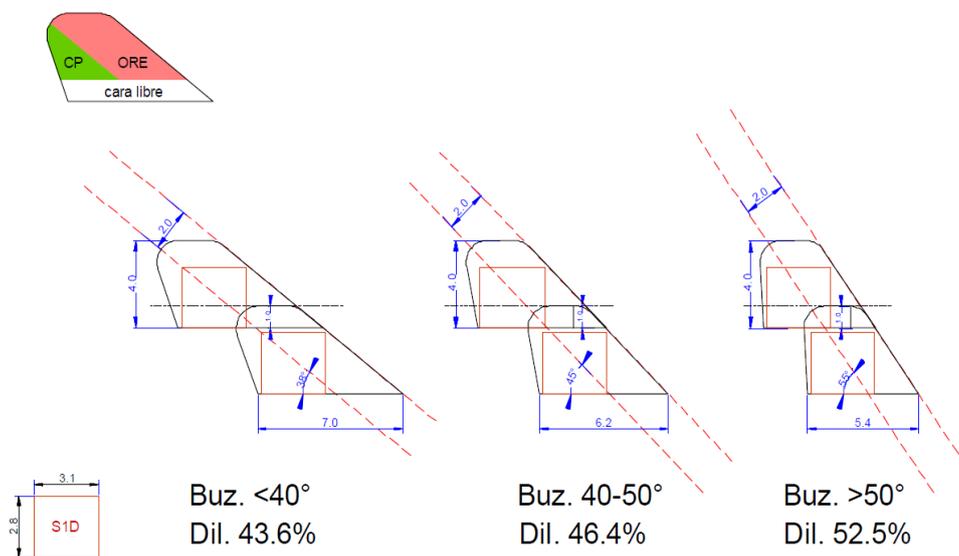


Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Figura 58.

Secciones típicas en CRM por buzamiento en potencias de 2m

Potencia 2m.

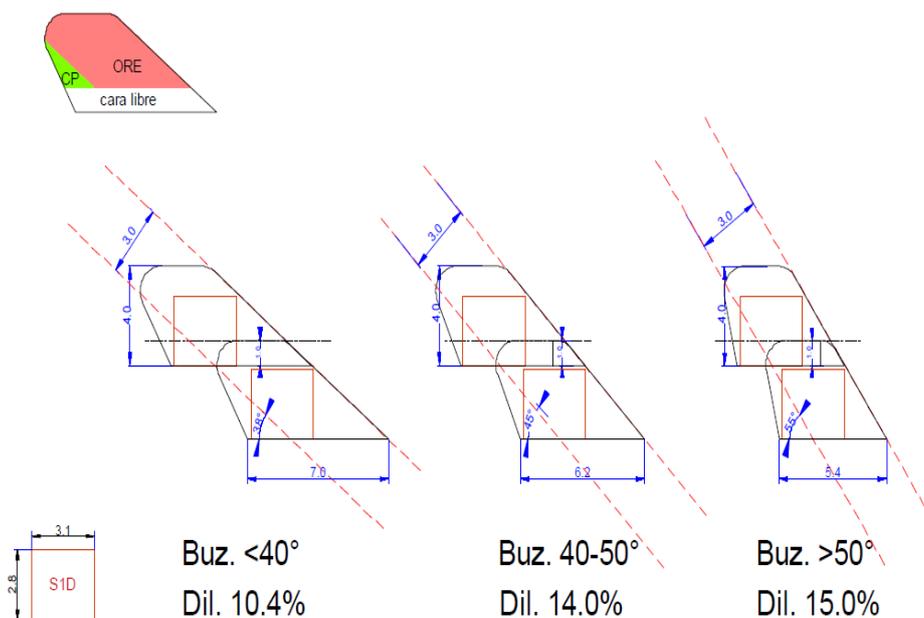


Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Figura 59.

Secciones típicas en CRM por buzamiento en potencias de 3m

Potencia 3m.



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Corte y Relleno Semi- Mecanizado Ascendente (CRSM)

Este método presenta dos variantes: acceso por rampas y basculantes, y la otra variante, cautivar el equipo de limpieza para evitar la ejecución de rampas y basculantes.

Corte y Relleno Semi-Mecanizado con Scoop Libre

La perforación será horizontal, esto dependiendo a la recomendación geomecánica, se considera minado por Breasting. La longitud del tajeo está asociada a la longitud optima del rendimiento del equipo de acarreo y/o limpieza (hasta 100 metros por cada ala de explotación).

La altura promedio del tajeo será de 2.7 metros medidos desde el piso del relleno y la corona proyectada a minar. El ancho del tajeo dependerá del equipo de limpieza, scooptram de 2.2 yd³.

La perforación del tajeo utilizará máquina perforadora Jackleg con barrenos de longitudes de 6 y 8 pies, el uso de la longitud de esos barrenos dependerá de la recomendación geomecánica.

La voladura del tajeo se realizará de acuerdo al estándar de malla de voladura. La limpieza de mineral se realizará con equipo scooptram hasta de 2.2 yd³, esto según la potencia del Ore.

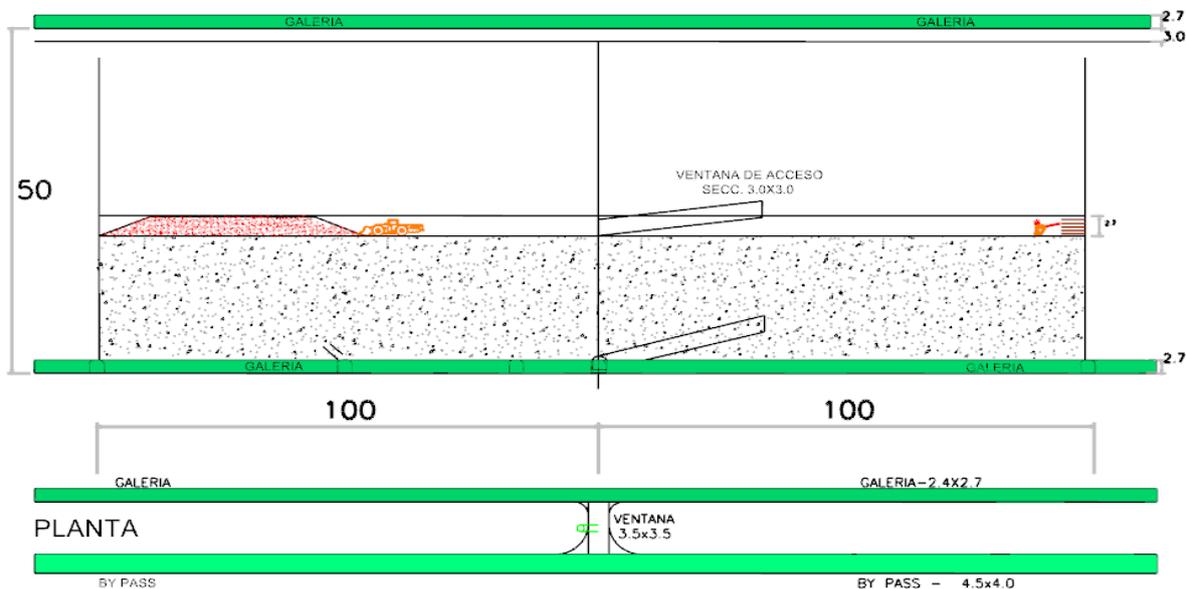
Para la etapa de relleno se deberá considerar relleno detrítico o pasta de acuerdo a la recomendación geomecánica. Sostenimiento después de cada disparo de acuerdo a la recomendación geomecánica. La ventilación será forzada a través de mangas que ingresarán por la basculante del tajeo hasta el tope de acuerdo a los estándares.

El circuito de ventilación se deberá garantizar de acuerdo a la recomendación del área de Servicios Mina. Topografía marcará la línea rasante a piso de relleno, durante el minado, a fin de controlar el nivel de piso.

Figura 60.

Vista en sección y planta de Corte Relleno Semi mecanizado

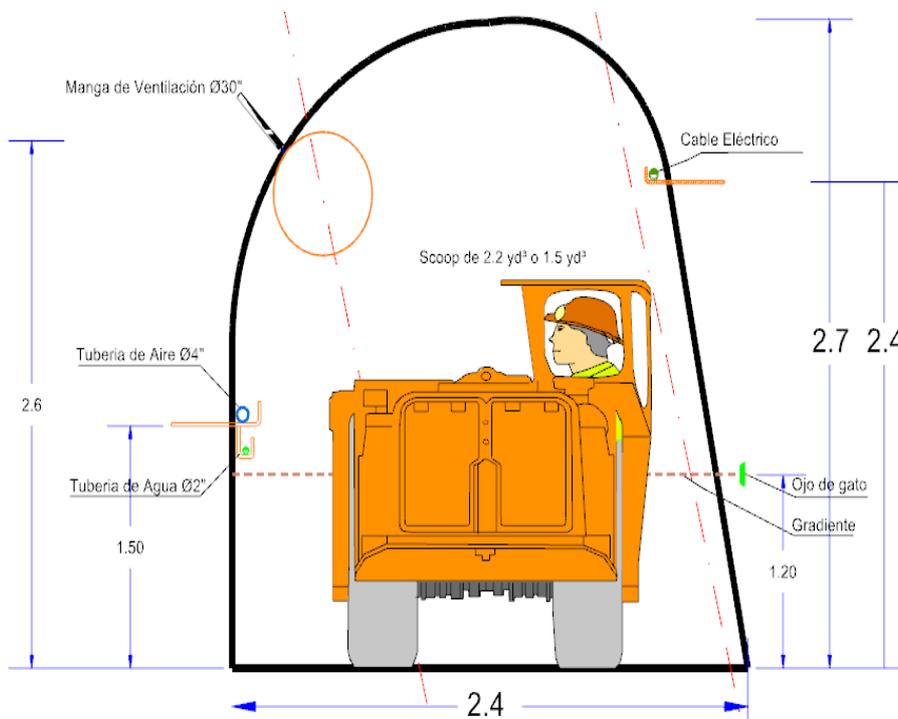
DISEÑO DE EXPLOTACION - CORTE Y RELLENO
SEMI-MECANIZADO



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschil

Figura 61.

Sección típica de Corte y Relleno Semi mecanizado Breasting



(*) Control de la labor de acuerdo al buzamiento de CT

Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschil

Corte y Relleno Semi-Mecanizado con Scoop Cautivo

La perforación será horizontal, esto dependiendo a la recomendación geomecánica, se considera minado por Breasting

La longitud del tajeo está asociada a la longitud optima del rendimiento del equipo de acarreo y/o limpieza (hasta 80 metros por cada ala de explotación). La altura promedio del tajeo será de 2.7 metros medidos desde el piso del relleno y la corona proyectada a minar.

El ancho del tajeo dependerá del equipo de limpieza, microscoop de 0.75 yd³. En la explotación del tajo se considerará minado en breasting y realce, dependerá de la recomendación geomecánica.

La perforación del tajeo utilizará máquina perforadora Jackleg con barrenos de longitudes de 6 y 8 pies, el uso de la longitud de esos barrenos dependerá de la recomendación geomecánica.

La voladura del tajeo se realizara de acuerdo al estándar de malla de voladura. La limpieza de mineral se realizará con equipo microscoop de 0.75 yd³. Para la etapa de relleno se deberá considerar relleno detrítico o pasta de acuerdo a la recomendación geomecánica. Sostenimiento después de cada disparo de acuerdo a la recomendación geomecánica.

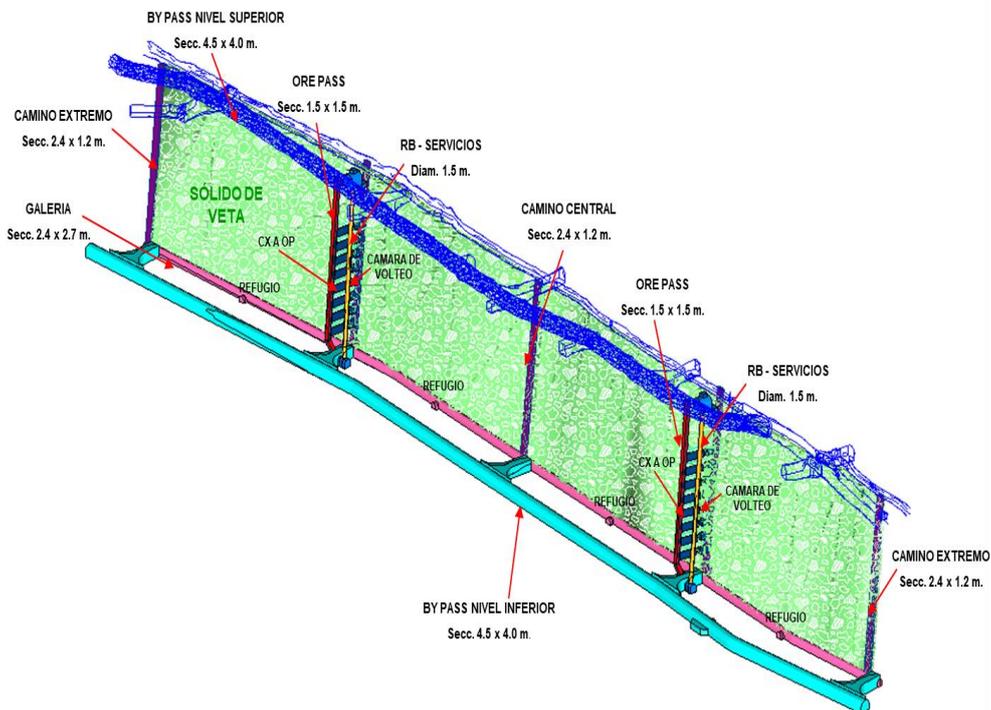
La ventilación será forzada a través de mangas que ingresarán por los caminos centrales y caminos extremos.

El circuito de ventilación se deberá garantizar de acuerdo a la recomendación del área de Servicios Mina.

Topografía marcará la línea rasante a piso de relleno, durante el minado, a fin de controlar el nivel de piso.

Figura 62.

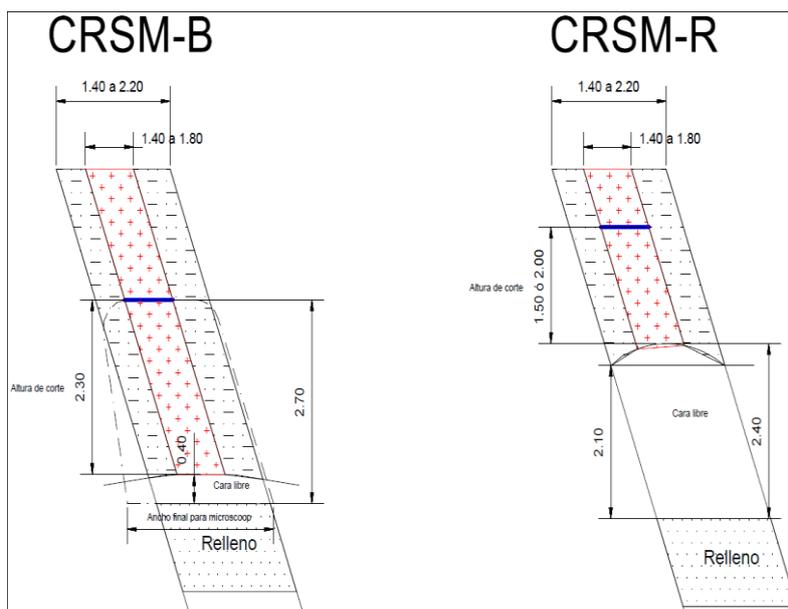
Corte y relleno ascendente semi-mecanizado con scoop cautivo



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschil.

Figura 63.

Secciones típicas de Corte y Relleno Semi mecanizado con equipo cautivo (Breasting y Realce).



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschil

Corte y Relleno Ascendente Convencional (CRA)

Este método presenta dos variantes: corte y relleno ascendente convencional con relace y breasting.

Corte y Relleno Ascendente Convencional con Realce

La perforación será vertical, esto dependiendo a la recomendación geomecánica. La altura de corte efectiva del tajeo será de 2.0 metros medidos desde la corona del corte anterior y la corona proyectada a minar. La perforación se realiza con maquina liviana Jack Leg con barreno de 6 - 8 pies y broca de 38 – 41 mm.

El sostenimiento en labores de explotación se realiza con técnicas convencionales con pernos de fricción, malla electrosoldada, madera y sus combinaciones de acuerdo al comportamiento geomecánico del macizo rocoso.

La limpieza de mineral se realiza utilizando winches de arrastre (eléctricos) hacia el ore pass ubicado en la misma veta y es extraído por un nivel inferior por volquetes.

Para la etapa de relleno se deberá considerar relleno detrítico o pasta de acuerdo a la recomendación geomecánica. La longitud del tajeo está asociada a la longitud optima del rendimiento del winche (hasta 40 metros por cada ala de explotación).

La ventilación será forzada a través de mangas que ingresarán por los caminos extremos. El circuito de ventilación se deberá garantizar de acuerdo a la recomendación del área de Servicios Mina

Corte y Relleno Convencional con Breasting.

La perforación será horizontal, esto dependiendo a la recomendación geomecánica. La altura promedio del tajeo será de 2.4 metros medidos desde el piso de relleno y la corona proyectada a minar.

La perforación se realiza con maquina liviana Jack Leg con barreno de 6 - 8 pies y broca

de 38 – 41 mm.

El sostenimiento en labores de explotación se realiza con técnicas convencionales con pernos de fricción, malla electrosoldada, madera y sus combinaciones de acuerdo al comportamiento geomecánico del macizo rocoso.

La limpieza de mineral se realiza utilizando winches de arrastre (eléctricos) hacia el ore pass ubicado en la misma veta y es extraído por un nivel inferior por volquetes.

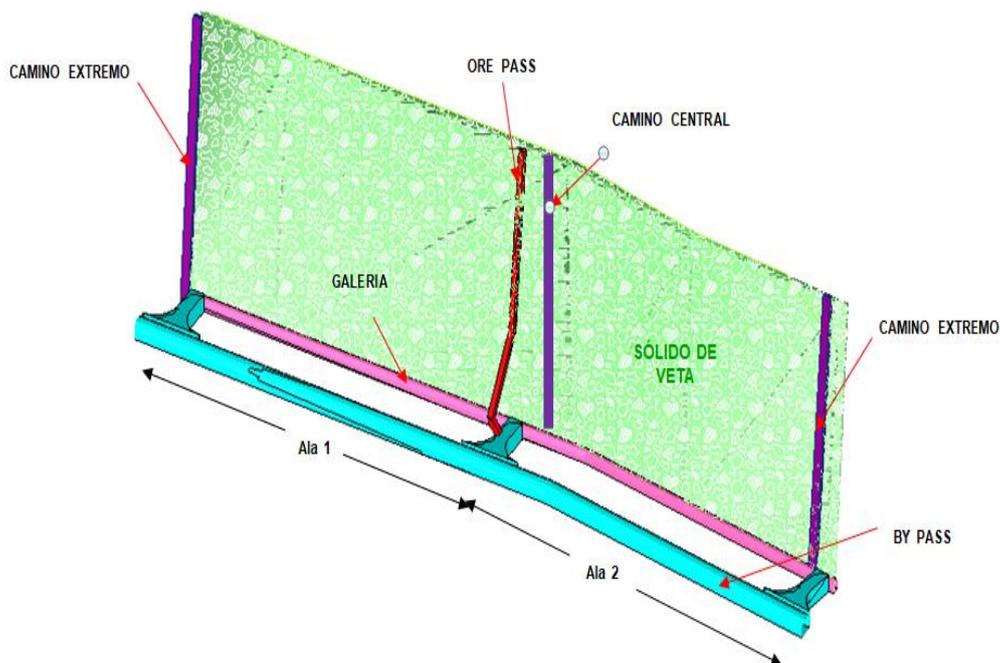
Para la etapa de relleno se deberá considerar relleno detrítico o pasta de acuerdo a la recomendación geomecánica. La longitud del tajeo está asociada a la longitud óptima del rendimiento del winche (hasta 40 metros por cada ala de explotación).

La ventilación será forzada a través de mangas que ingresarán por los caminos extremos.

El circuito de ventilación se deberá garantizar de acuerdo a la recomendación del área de Servicios Mina.

Figura 64.

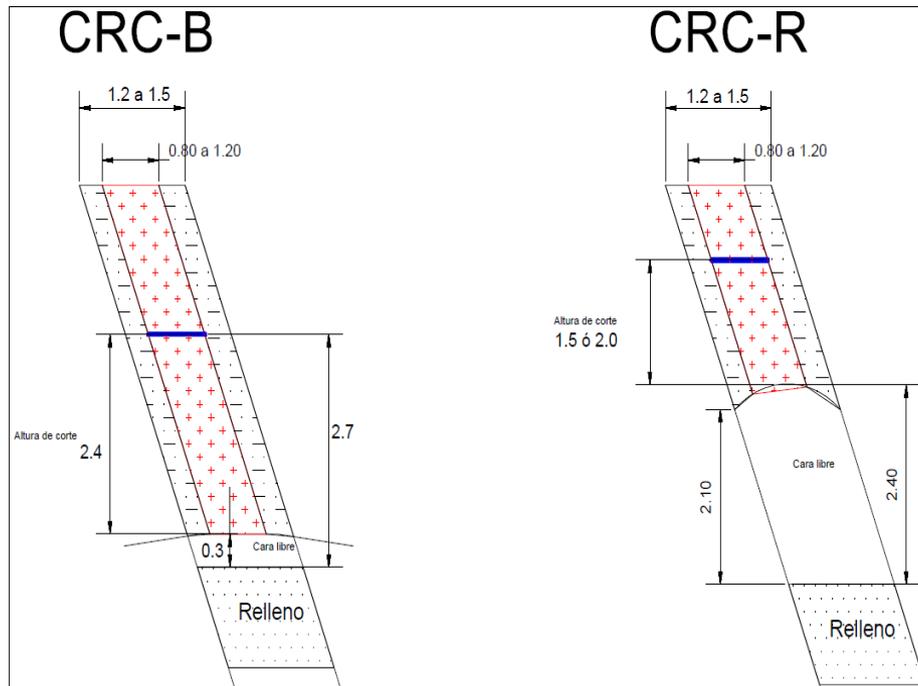
Corte y relleno convencional ascendente



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Figura 65.

Secciones típicas de Corte y Relleno Convencional (Breasting y Realce)



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschil

Método Minado por Taladros Largos

Es aplicable en vetas con buzamientos mayores a 50 grados y potencias mayores a 2 metros, se tiene dos variantes: Taladros largos Longitudinales y Transversales, y de 2 a 10 metros de potencia en caso de los longitudinales y potencias mayores a 10m serán minados con Taladros Largos Transversales. Para la explotación por el método de taladros largos longitudinales y transversales, se requiere accesos desde un By Pass en la caja piso hacia la veta y preparar un subnivel a lo largo del rumbo de la veta.

La forma de trabajo para el método de minado de Taladros Largos Longitudinales y Transversales, es:

- Perforación de Taladros largos en bancos entre niveles de 6 a 20 m. de altura, con equipos de perforación positiva y negativa.
- Extracción de mineral basado en la voladura de taladros largos.
- Relleno en Pasta y/o Cementado.

Para el presente método de minado, se tomó en consideración la geomecánica y

dimensiones de la estructura, a la vez, con estas características, se trabajó el diseño de la mina, teniendo las labores principales en la caja piso.

El diseño de minado por Taladros Largos Longitudinales y Transversales esta principalmente basado en el comportamiento de las cajas que contienen a la estructura mineralizada. Con un buen conocimiento de esta información, se puede determinar:

- Tamaño y forma de las galerías.
- Altura entre los niveles.
- Longitud y ancho máximo a considerar
- Diseño de la malla de perforación y de la voladura.
- Técnicas de carguío y voladura.

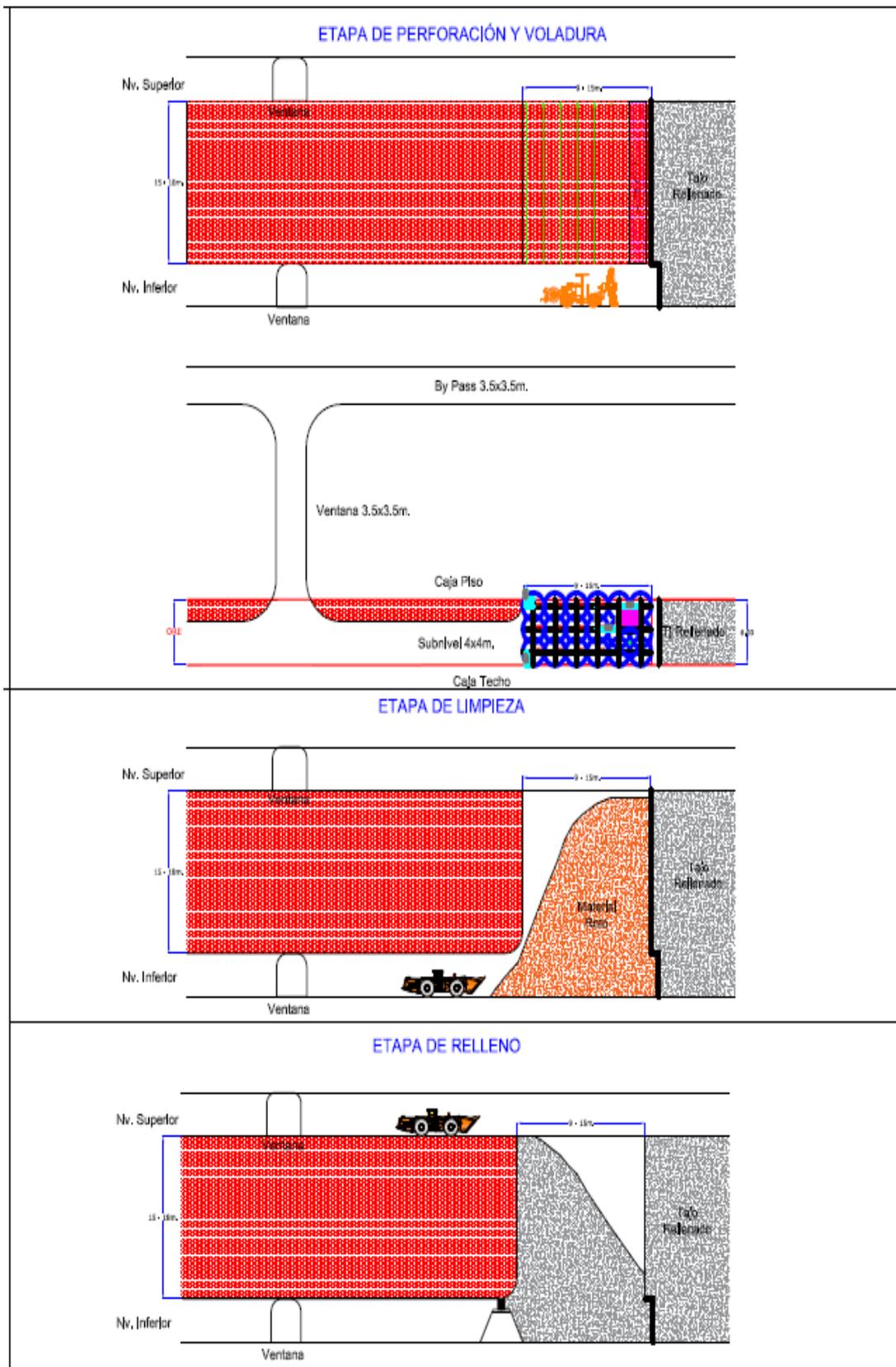
La secuencia de minado empieza del centro del tajo, minando hacia los límites de la veta. Se considera una rampa de la cual se extiende brazos a los límites de la veta, con el fin de extraer el mineral roto y a su vez ingresar el relleno. Estos by-passes se desarrollan en la caja piso aproximadamente de 10 a 20 metros del contacto de mineral.

Se ha optado por trabajar con una altura entre niveles de 6 a 16 mts., con la opción de aumentar este valor, en la medida que mejore la valoración de la calidad de roca.

Para el ingreso a la veta se ha considerado cruceros del By Pass hacia los subniveles espaciados a 96 m. a lo largo de la veta.

En la siguiente figura se muestra el esquema de minado por Taladros Largos Longitudinal.

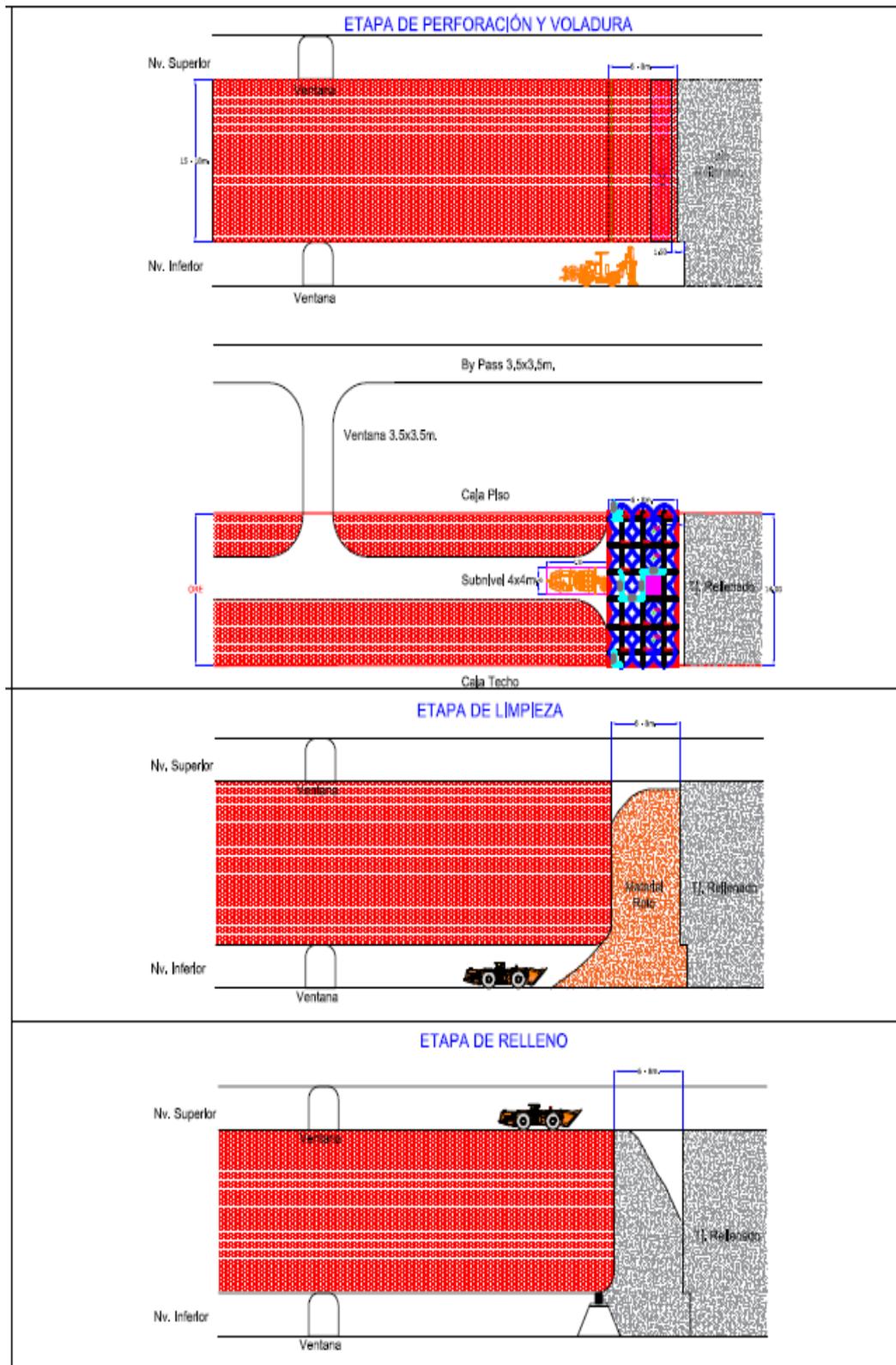
Figura 66.
Minado por Taladros Largos Longitudinales



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Figura 67.

Minado por Taladros Largos Transversales



Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild

Relleno

Relleno en pasta

La planta de procesos ha sido diseñada para producir pasta cementada (“backfill”) al 66% de sólidos en peso utilizando relaves detoxificados (al 40% de sólidos) provenientes de la operación de la planta de beneficio de minerales, agua industrial del proceso de espesado de relaves y la adición de cemento Portland tipo 1 al 7% en peso del relave seco.

Diseño de mezcla patrón (actualmente producido en mina)

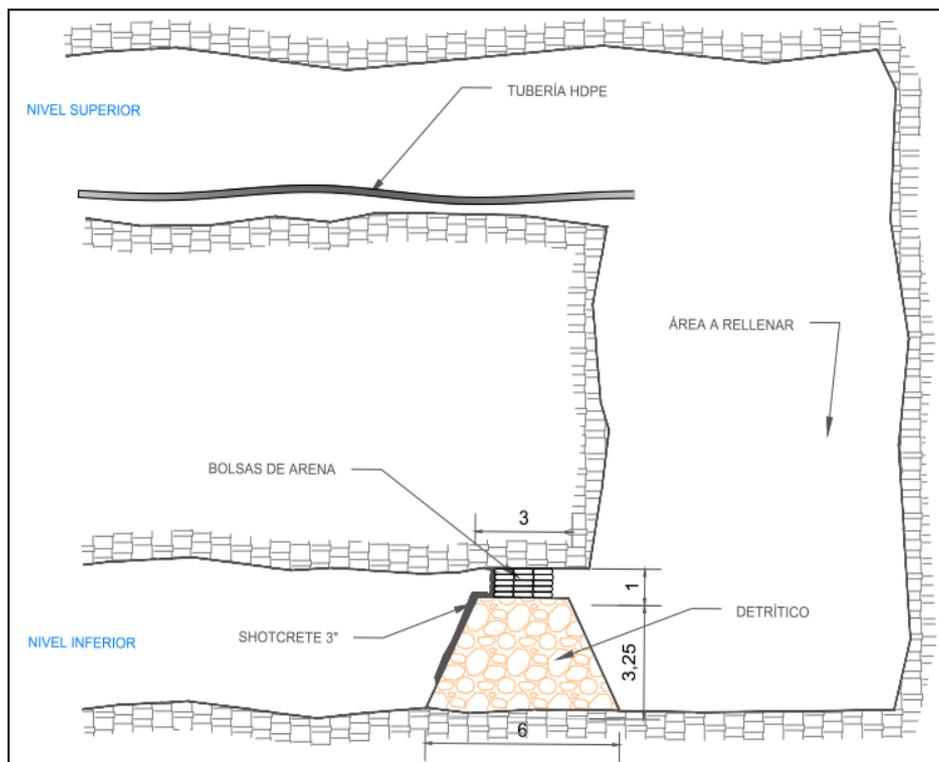
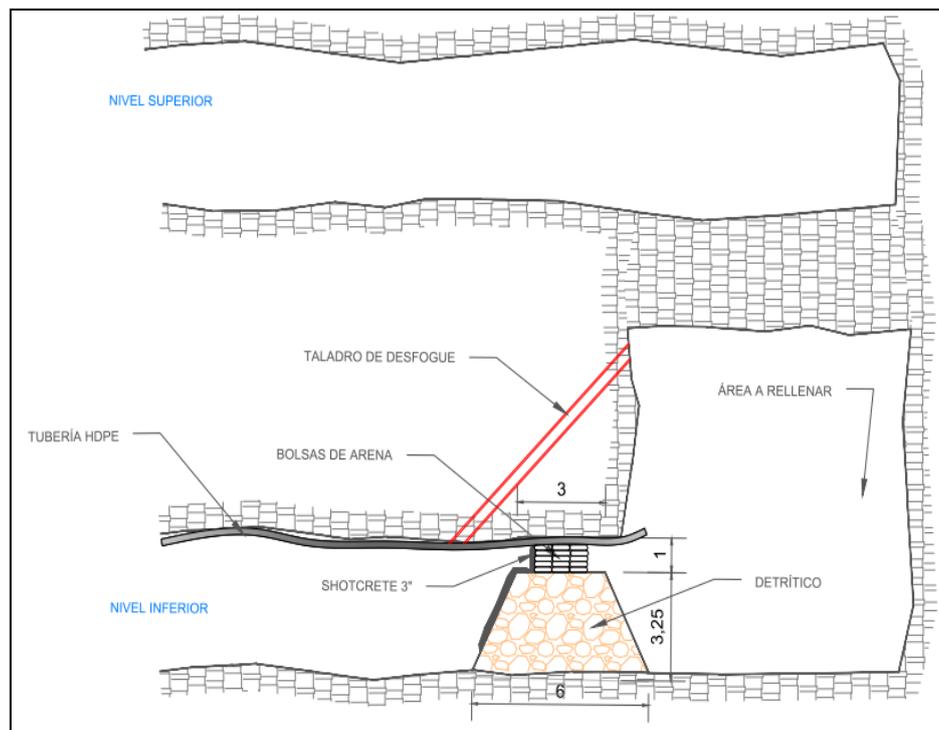
Tabla 14.

Diseño de mezcla patrón (actualmente producido en mina)

Diseño de mezcla - relleno pasta			
Resistencia	0.4 Mpa	0.3 Mpa	0.2 Mpa
Pared expuesta (m)	3.1- 10.0	< 3.0	Cierres de grilla
Diseño de mezcla			
Cemento Tipo 1 (Kg)	80	60	40
Relave (Kg)	1574	1607	1627
Agua recuperada (Lt)	76	0-20	0 - 20

Fuente: Elaboración propia

Escenarios de relleno: Se muestra dos diagramas de relleno en pasta en caso de taladros largos y recuperación tipo puente.

Figura 68.*Escenario tajo taladros largos**Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild***Figura 69.***Escenario tajo recuperación tipo puente**Fuente: Compañía Minera Ares – Grupo Hochschild*

Relleno Cementado

Se prepara con desmante de mina o material de cantera más cemento Apu y agua.

Proporción en peso de relleno cementado:

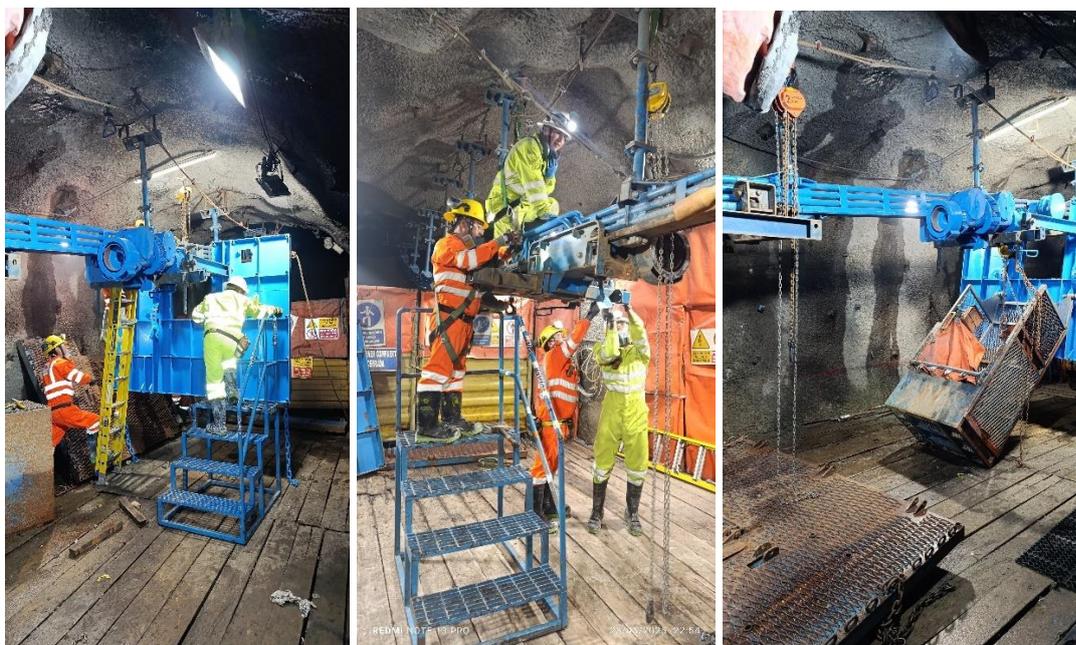
Cemento: 2% a 5%

Agregado Global: 90% a 94%

Agua: 4% a 6%

Aire: 1% a 3%

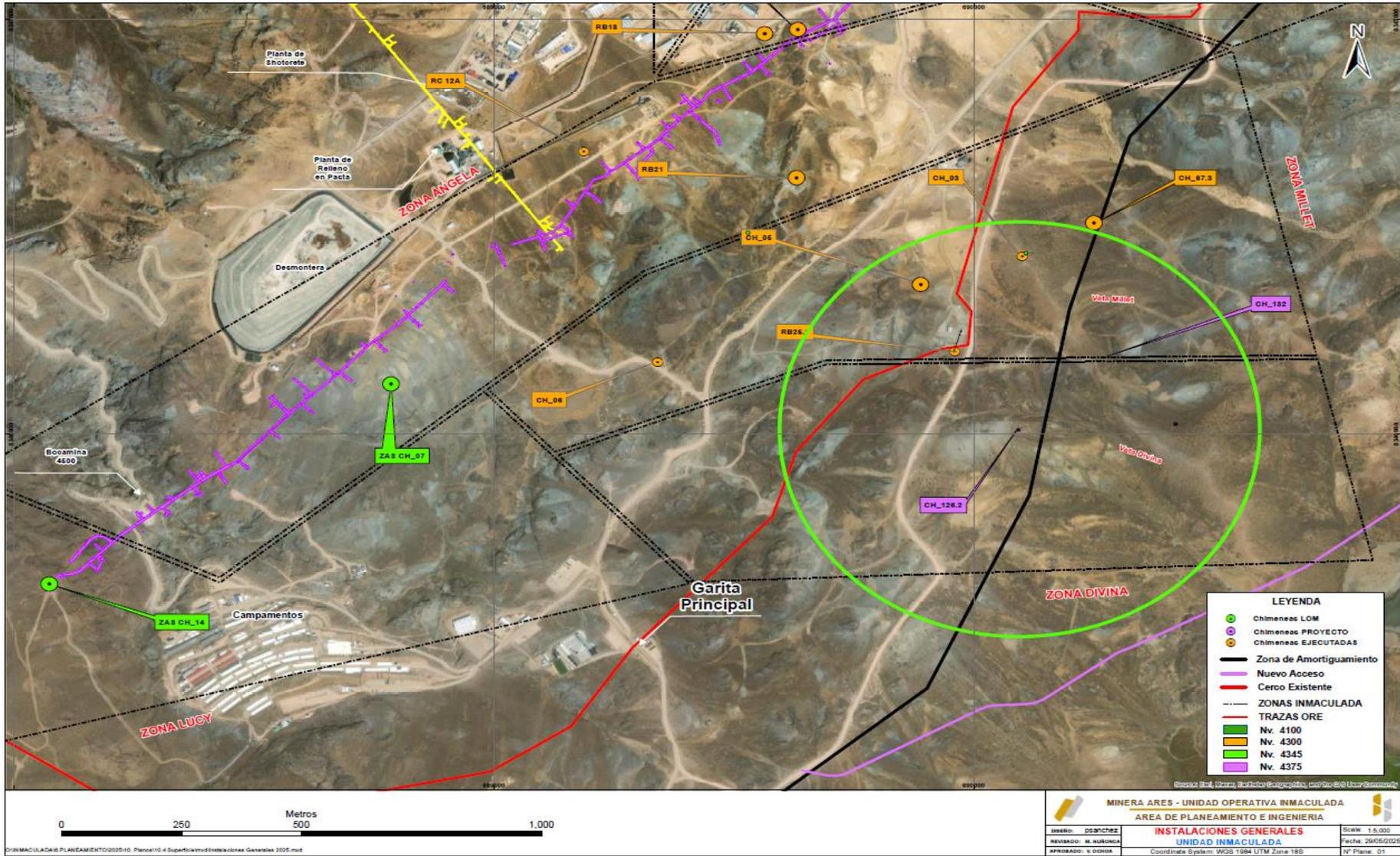
- La calidad del relleno cementado depende del lugar en donde se aplique:
- Relleno Cementado de 2.0 MPa, para labores Sill Pillar.
- Relleno Cementado de 0.6 MPa, para labores de paredes auto estables.

ANEXO 2: Instalación de carril curvo.**ANEXO 3: Montaje de componentes del equipo Alimak.**

ANEXO 4: Matriz de consistencia

Título: OPTIMIZACION DEL AVANCE DE CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA USANDO CUADROS METÁLICOS EN EL SISTEMA ALIMAK STH-5 U.M. INMACULADA- HOCHSCHILD MINING.			
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Metodología
General	General	General	
P: ¿Cómo será mejora del avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING?	O: Mejorar el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.	H: Con la aplicación de cuadros metálicos en el sostenimiento se mejorará el avance en la construcción de chimeneas con el Sistema Alimak STH-5 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING.	Nivel: evaluativo correlacional Tipo: Aplicada. Técnicas: <u>Trabajo en campo:</u>
Específicos	Específicos	Específicos	<u>Trabajo en campo:</u>
P1: ¿Cuál es la situación actual de la construcción la chimenea en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING? P2: ¿Cuáles son los parámetros Geomecánicas y geológicos para mejorar el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5E en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING ? P3: ¿ Cómoes el desarrollo del sistema Alimak STH-5E en los procesos de perforación, voladura y sostenimiento para mejorar del avance en la construcción de chimeneas usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING ? P4: ¿Cuál es el costos de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en relación al sistema actual en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING?	O1: Conocer la situación actual de la construcción de chimenea en U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING O2: Determinar los parámetros Geomecánicos y geológicos para optimizar el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING. O3: Realizar el sistema Alimak STH-5 en los procesos de perforación, voladura y sostenimiento para mejorar del avance en la construcción de chimeneas usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING. O4: Determinar los costos de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING.	H1: La situación actual de la construcción de la chimenea exige implementar nuevas tecnologías de construcción en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING. H2: Conociendo los parámetros Geomecánicos y geológicos se mejorará el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en el Sistema Alimak STH-5 en la U.M. Inmaculada- HOCHSCHILD MINING. H3: Realizar el sistema Alimak STH-5 en los procesos de perforación, voladura y sostenimiento para mejorar del avance en la construcción de chimeneas usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING. H4: El costo de las operaciones mejorara directamente el avance de construcción de chimenea usando cuadros metálicos en la U.M. Inmaculada HOCHSCHILD MINING.	- Observación directa del proceso de construcción. - Reporte de los colaboradores, así como a la supervisión responsable de la actividad. <u>Trabajos en gabinete:</u> - desarrollo informativo, de los procesos de sostenimiento. Población: Chimeneas de ventilación UM. Inmaculada Muestra: la construcción de la chimenea CH 126.2- NV4345

ANEXO 5: Plano de ubicación de la mina

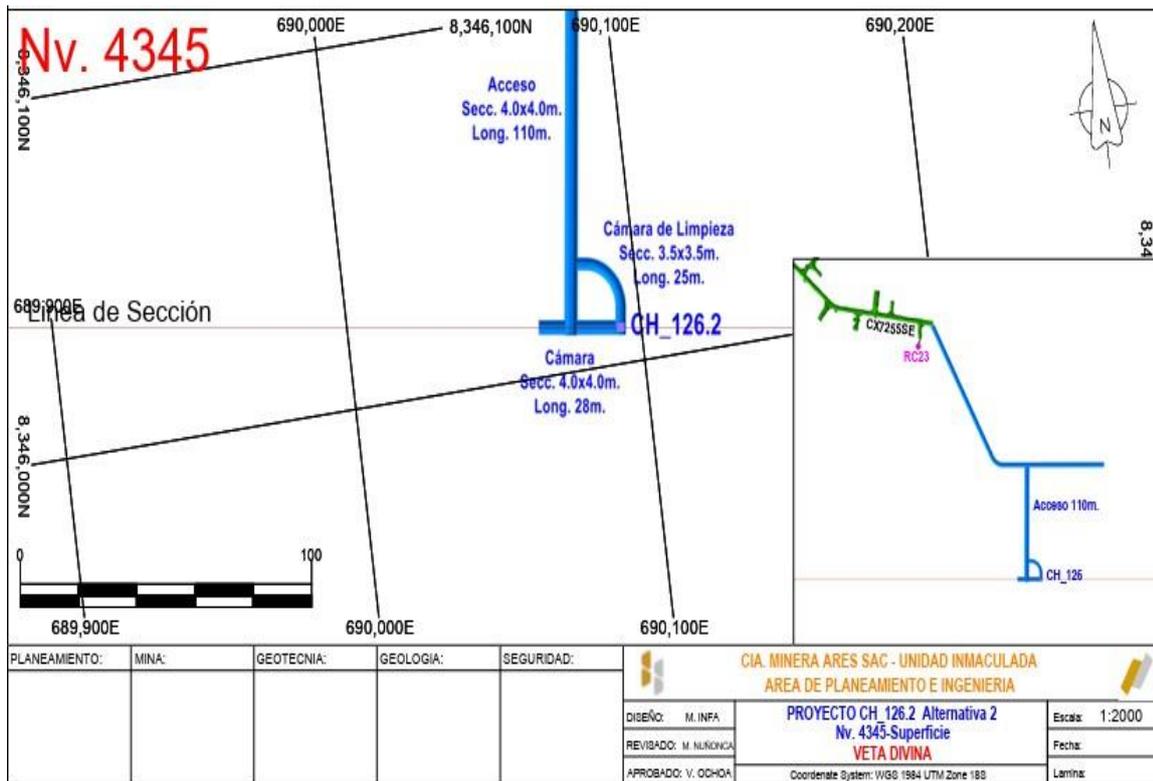


ANEXO 6: Información geotécnica – logueo RMR corregido

DESCRIPCIÓN DEL TALADRO						PARAMETROS CLASIFICACIÓN RMR										RMR	Tipo y Calidad
Item	Profundidad		Longitud de corrida	Litología		Resistencia Roca Intacta Rango (Mpa)		RQD	Persistencia	Espaciamiento	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua		
N°	De	Hasta			Descripción	Registro Gráfico	Resistencia	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	
1	0	1.52	1.52	Cuatenario	Cust	R0	0	0	1	0	1	1	0	0	4	7	Muy Mala V
2	1.52	3.05	1.53	Debris Flow	DF	R1	1	3	2	3	2	1	1	1	4	18	Muy Mala V
3	3.05	6.09	3.04	Debris Flow	DF	R2	2	4	2	3	2	1	1	1	4	20	Muy Mala V
4	6.09	8.84	2.75	Debris Flow	DF	R3	5	7	3	7	2	2	2	2	5	30	Mala IV-B
5	8.84	9.5	0.66	Falla	Fa	R2	2	3	1	3	1	1	1	2	4	18	Muy Mala V
6	9.5	10.96	1.46	Debris Flow	DF	R3	6	7	3	7	2	2	2	2	5	31	Mala IV-A
7	10.96	14.4	3.44	Debris Flow	DF	R4	7	7	3	7	2	2	2	3	5	33	Mala IV-A
8	14.4	16.57	2.17	Debris Flow	DF	R4	7	9	3	9	2	3	3	3	6	40	Mala IV-A
9	16.57	18.95	2.38	Debris Flow	DF	R4	7	10	3	9	2	3	3	3	7	42	Regular III-B
10	18.95	21	2.05	Debris Flow	DF	R4	7	9	3	9	2	3	3	3	7	41	Regular III-B
11	21	23.3	2.3	Debris Flow	DF	R4	6	8	3	8	2	3	2	2	6	35	Mala IV-A
12	23.3	27.28	3.98	Debris Flow	DF	R4	6	9	3	8	2	2	2	2	6	35	Mala IV-A
13	27.28	32	4.72	Debris Flow	DF	R4	7	8	3	8	3	3	2	3	7	39	Mala IV-A
14	32	34.2	2.2	Debris Flow	DF	R4	7	9	3	8	3	3	2	3	7	40	Mala IV-A
15	34.2	37.8	3.6	Debris Flow	DF	R4	8	9	3	8	3	3	2	3	7	41	Regular III-B
16	37.8	38.3	0.5	Falla	Fa	R1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	12	Muy Mala V
17	38.3	39.6	1.3	Debris Flow	DF	R4	7	6	3	6	2	3	2	3	1	28	Mala IV-B
18	39.6	42	2.4	Debris Flow	DF	R4	7	5	3	6	2	3	2	3	7	33	Mala IV-A
19	42	44.51	2.51	Debris Flow	DF	R4	7	8	3	9	3	3	3	3	7	41	Regular III-B
20	44.51	50.05	5.54	Debris Flow	DF	R4	8	10	3	9	3	3	3	3	7	44	Regular III-B
21	50.05	52.8	2.75	Debris Flow	DF	R4	7	8	3	9	3	3	3	3	7	41	Regular III-B
22	52.8	61.2	8.4	Debris Flow	DF	R4	7	9	3	9	3	3	3	3	7	42	Regular III-B
23	61.2	63	1.8	Debris Flow	DF	R3	6	5	2	5	2	2	1	3	6	27	Mala IV-B
24	63	68.78	5.78	Debris Flow	DF	R3	7	8	3	9	3	3	3	3	7	41	Regular III-B
25	68.78	70.2	1.42	Debris Flow	DF	R4	7	7	3	7	3	3	3	3	7	38	Mala IV-A
26	70.2	71.4	1.2	Falla	Fa	R1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	7	Muy Mala V
27	71.4	73.9	2.5	Andesita	And	R4	7	9	3	8	1	3	3	2	7	38	Mala IV-A
28	73.9	76.1	2.2	Debris Flow	DF	R4	8	8	3	8	2	3	1	3	7	38	Mala IV-A
29	76.1	81	4.9	Debris Flow	DF	R4	7	9	3	8	1	3	1	2	7	36	Mala IV-A
30	81	83.1	2.1	Debris Flow	DF	R4	8	8	3	7	1	3	3	3	7	38	Mala IV-A
31	83.1	87.6	4.5	Debris Flow	DF	R4	7	8	3	9	1	3	1	2	7	36	Mala IV-A
32	87.6	91.1	3.5	Debris Flow	DF	R3	6	6	2	6	1	2	1	2	7	28	Mala IV-B
33	91.1	94.5	3.4	Debris Flow	DF	R4	9	8	3	8	1	3	1	3	7	38	Mala IV-A
34	94.5	97.67	3.17	Andesita	And	R4	9	7	3	8	1	3	1	3	7	37	Mala IV-A
35	97.67	99.41	1.74	Andesita	And	R3	5	6	2	6	1	3	1	2	7	28	Mala IV-B
36	99.41	101.4	1.99	Andesita	And	R3	6	7	2	6	1	2	1	2	7	29	Mala IV-B

37	101.4	103.55	2.15	Andesita	And	R4	9	7	3	8	1	3	1	3	7	37	Mala IV-A
38	103.55	110.3	6.75	Debris Flow	DF	R3	6	7	3	6	1	3	1	2	7	31	Mala IV-A
39	110.3	112.3	2	Debris Flow	DF	R3	4	5	2	5	1	2	1	2	7	24	Mala IV-B
40	112.3	116.7	4.4	Falla	Fa	R1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	7	Muy Mala V
41	116.7	118.5	1.8	Debris Flow	DF	R3	6	6	2	6	2	2	2	2	6	29	Mala IV-B
42	118.5	119.4	0.9	Falla	Fa	R1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	7	Muy Mala V
43	119.4	121.2	1.8	Debris Flow	DF	R3	6	5	2	5	2	2	1	2	7	27	Mala IV-B
44	121.2	122.82	1.62	Debris Flow	DF	R4	7	6	3	6	2	3	3	3	7	35	Mala IV-A
45	122.82	123.81	0.99	Debris Flow	DF	R4	7	5	2	6	2	2	2	2	7	35	Mala IV-A
46	123.81	124.8	0.99	Debris Flow	DF	R3	6	6	3	6	2	2	2	2	7	31	Mala IV-A
47	124.8	127.2	2.4	Debris Flow	DF	R3	6	5	3	6	2	2	1	2	7	34	Mala IV-A
48	127.2	130.9	3.7	Debris Flow	DF	R4	7	6	3	7	2	3	2	3	7	35	Mala IV-A
49	130.9	132.1	1.2	Andesita	And	R4	8	7	3	7	3	4	3	4	8	42	Regular III-B
50	132.1	141.1	9	Falla	Fa	R0	0	1	1	1	0	1	1	1	4	5	Muy Mala V
51	141.1	147.9	6.8	Debris Flow	DF	R3	5	4	2	5	1	2	1	2	7	24	Mala IV-B
52	147.9	150.9	3	Debris Flow	DF	R3	6	6	2	6	1	2	1	2	7	28	Mala IV-B
53	150.9	152	1.1	Debris Flow	DF	R4	7	7	2	7	1	2	2	2	7	32	Mala IV-A
54	152	153.2	1.2	Andesita	And	R4	8	8	2	8	1	3	3	3	7	38	Mala IV-A
55	153.2	170.8	17.6	Debris Flow	DF	R4	9	9	2	9	1	3	3	3	7	41	Regular III-B
56	170.8	171.8	1	Mineral Vetilla	MVt	R3	5	5	2	6	1	2	3	2	7	28	Mala IV-B
57	171.8	174.1	2.3	Debris Flow	DF	R4	7	7	2	7	1	2	2	2	7	32	Mala IV-A
58	174.1	178.8	4.7	Debris Flow	DF	R4	8	8	2	8	1	3	3	3	7	38	Mala IV-A
59	178.8	180.4	1.6	Debris Flow	DF	R4	7	6	2	6	1	3	3	2	7	32	Mala IV-A
60	180.4	184.35	3.95	Debris Flow	DF	R4	8	8	2	8	1	2	3	3	7	37	Mala IV-A
61	184.35	186	1.65	Andesita	And	R4	9	8	3	8	2	2	2	3	7	39	Mala IV-A
62	186	189	3	Debris Flow	DF	R4	8	8	2	8	2	2	2	3	7	37	Mala IV-A
63	189	190.8	1.8	Debris Flow	DF	R4	8	7	2	7	2	2	2	3	7	35	Mala IV-A
64	190.8	195.7	4.9	Debris Flow	DF	R4	9	8	3	8	2	3	2	2	7	39	Mala IV-A
65	195.7	200.32	4.62	Mineral Veta	MV	R5	10	8	3	7	2	3	3	3	7	41	Regular III-B
66	200.32	202.67	2.35	Debris Flow	DF	R4	9	8	3	7	2	3	2	3	7	39	Mala IV-A
67	202.67	207.7	5.03	Debris Flow	DF	R4	9	7	3	7	2	3	2	3	7	38	Mala IV-A
68	207.7	209.9	2.2	Debris Flow	DF	R4	8	7	3	7	2	3	2	3	7	37	Mala IV-A
69	209.9	212.8	2.9	Debris Flow	DF	R4	10	8	3	7	2	3	2	3	7	40	Mala IV-A
70	212.8	218.68	5.88	Debris Flow	DF	R4	10	9	3	8	3	3	2	3	7	43	Regular III-B
71	218.68	220.45	1.77	Mineral Veta	MV	R4	10	8	3	8	2	3	2	3	7	41	Regular III-B
72	220.45	222	1.55	Debris Flow	DF	R4	9	8	3	8	2	3	2	3	7	40	Mala IV-A
73	222	228.38	4.38	Debris Flow	DF	R4	8	6	2	7	2	2	2	3	6	33	Mala IV-A
74	228.38	229.9	3.52	Debris Flow	DF	R4	10	8	3	8	2	3	2	3	7	41	Regular III-B
75	229.9	235.6	5.7	Debris Flow	DF	R4	9	9	3	9	2	3	2	3	7	42	Regular III-B
76	235.6	241.56	5.96	Andesita	And	R4	10	8	3	8	3	3	3	3	7	43	Regular III-B
77	241.56	244.2	2.64	Debris Flow	DF	R4	9	9	3	9	2	3	2	3	7	42	Regular III-B
78	244.2	251.8	7.6	Debris Flow	DF	R4	10	9	3	9	3	3	3	3	7	45	Regular III-B
79	251.8	253.9	2.1	Debris Flow	DF	R4	7	5	2	5	2	3	2	3	7	31	Mala IV-A
80	253.9	254.65	0.75	Mineral Vetilla	MVt	R2	2	0	2	1	2	2	2	1	6	18	Muy Mala V
81	254.65	256	1.35	Debris Flow	DF	R4	7	5	2	5	2	3	2	3	7	31	Mala IV-A

ANEXO 7: Vista en planta del proyecto a superficie - NV 4345 CH 126.2



ANEXO 8: Comunicación de chimenea a superficie

