

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y
METALÚRGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**MEJORAMIENTO DE LA VENTILACIÓN PARA LA EXPLOTACIÓN
DE LA ZONA CARMEN ROSA “C” EN LA MINA KORYMINA SAC –
PUNO**

PRESENTADO POR:

Br. SHILTON SHEEDY VISA QUISPE

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

ASESOR:

Mg. RAIMUNDO MOLINA DELGADO

CUSCO - PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Mg. Raimundo Molina Delgado
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: Mejoramiento de la Ventilación
Para la explotación de la zona Carmen Rosa "C"
en la mina Korymina SAC - Puno

Presentado por: Br. Shilton Sheedy Visa Quispe DNI N° 48087679 ;
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 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

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 sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación 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 de Detección de Similitud.

Cusco, 24 de Agosto de 2026

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 de Detección de Similitud: oid: 272597616711814

SHILTON SHEEDY VISA QUISPE

MEJORAMIENTO DE LA VENTILACIÓN PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA ZONA CARMEN ROSA “C” EN LA MINA ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:616711814

Fecha de entrega

24 ago 2026, 7:54 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

24 ago 2026, 8:10 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

19.08 Tesis Shilton - v5.docx

Tamaño del archivo

11.8 MB

140 páginas

20.693 palabras

114.092 caracteres

9% 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 10 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

*Dedico la investigación a Dios
Todopoderoso, por brindarme fortaleza,
determinación y discernimiento para
cumplir este objetivo.*

*Dedico a mis amados padres:
Enrique Visa Gutierrez y Alicia Quispe
Florez, con profundo cariño y eterna
gratitud, quienes han sido un ejemplo
constante de esfuerzo y perseverancia.
Siempre me acompañaron con dedicación,
guía y respaldo incondicional y continuo
en cada etapa de mi camino.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente al Todopoderoso por su permanente dirección durante mi formación profesional, por sostenerme en las adversidades y por permitirme vivir innumerables enseñanzas, vivencias y alegrías.

Agradezco a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente. De igual manera, extendiendo mi agradecimiento a los docentes que me apoyaron en este proceso.

A mis padres y hermana, gracias a su dedicación y entrega logré concluir con éxito mi formación profesional y desarrollar la investigación. Asimismo, expreso mi agradecimiento al ingeniero Raimundo Molina Delgado, mi asesor, quien me ha brindado un apoyo incondicional desde el inicio para el cumplimiento de esta labor.

INTRODUCCION

La ventilación minera representa un elemento esencial en las operaciones subterráneas, ya que permite garantizar condiciones adecuadas seguridad, prevención y productividad. La empresa minera Korymina S.A.C, forma parte de la corporación minera Ananea S.A.C. desarrolla actividades extractivas en las zonas denominadas Carmen Rosa “A”, Carmen Rosa “B” y Carmen Rosa “C”. En esta última zona se proyecta el inicio y desarrollo de labores de explotación, esta zona se encuentra ubicada entre los niveles NV 4800 y 5200, lo que demanda una red de ventilación óptima capaz de abastecer la demanda de aire en condiciones operativas seguras, Conforme a la normativa vigente de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, aprobada mediante Decreto Supremo N.º 024-2016-EM y sus actualizaciones. Asi mismo, las condiciones termoambientales para el desempeño optimo de los trabajadores, debera cumplir los parametros maximos permisbles de oxigeno (19.5%-22.5%) y dilucion de gases de monoxido de carbono (0 ppm-25 ppm), este análisis del sistema de ventilación será efectuado en la galeria GAL-72-27S, donde parametros de medicion de la velocidad (m/min), temperaturas ambientales (C°) seran monitoreadas insitu y en ese contexto, la presente investigación tuvo como objetivo proponer un sistema de mejoramiento de ventilación mediante el análisis de requerimientos de aire, simulación de diferentes escenarios operativos.

El trabajo se encuentra estructurado en 4 capítulos para su estudio. En el Capítulo I se desarrolla el planteamiento del problema, objetivos, hipótesis y variables de investigación. En el Capítulo II se presenta el marco teórico y antecedentes relacionados con ventilación minera subterránea. En el Capítulo III se expone la metodología aplicada para la recolección y análisis de datos. En el Capítulo IV se muestran los resultados obtenidos y su respectiva discusión técnica. Finalmente, se formulan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo desarrollar un plan de mejoramiento de la ventilación para la explotación de la zona Carmen Rosa “C” de la Mina Korymina S.A.C., ubicada en la región Puno, donde las condiciones de ventilación podrían afectar la seguridad del personal y la continuidad operativa. Para ello, se realizó un diagnóstico de las condiciones existentes, identificándose deficiencias en la distribución del aire, limitada capacidad de ventilación y condiciones termoambientales desfavorables en determinados frentes de trabajo. A partir del diagnóstico se evaluaron cuatro escenarios mediante cálculos técnicos y análisis comparativo, determinándose al Escenario 2 como la alternativa técnicamente más favorable. Esta configuración considera dos ventiladores auxiliares de 45 KCFM y 125 HP dispuestos en serie, para un tramo de hasta 1,200 m y una inversión estimada de USD 210,629.00. Para la galería GAL-72-27S se determinó un requerimiento de 19,667.96 CFM, mientras que el escenario seleccionado alcanza un caudal de salida de 22,809 CFM y una velocidad de 29.50 m/min.

En el escenario base se registró un caudal de ingreso de 41,349.95 CFM para las tres zonas, concentraciones de oxígeno de hasta 18.5 % y monóxido de carbono de hasta 25.6 ppm, próximo al límite permisible. La simulación del Escenario 2 mostró parámetros dentro de rangos aceptables y temperaturas entre 25.50 °C y 28.40 °C. Se concluye que la alternativa seleccionada es técnica y económicamente factible para mejorar las condiciones de ventilación y contribuir a una explotación segura y sostenible.

Palabras Claves: Ventilación, Minería, Caudal, Ventiladores, Simulación.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a ventilation improvement plan for the exploitation of the Carmen Rosa “C” zone at Korymina S.A.C. Mine, located in the Puno region, where ventilation conditions could affect personnel safety and operational continuity. A diagnosis of the existing conditions was conducted, identifying deficiencies in air distribution, limited ventilation capacity, and unfavorable thermo-environmental conditions in certain working faces. Based on this diagnosis, four scenarios were evaluated through technical calculations and comparative analysis, with Scenario 2 identified as the most technically favorable alternative. This configuration consists of two 45 KCFM, 125 HP auxiliary fans arranged in series for a distance of up to 1,200 m, with an estimated investment of USD 210,629.00. The air requirement for the GAL-72-27S gallery was determined to be 19,667.96 CFM, while the selected scenario provides an outlet airflow of 22,809 CFM and an air velocity of 29.50 m/min.

Under baseline conditions, an inlet airflow of 41,349.95 CFM was recorded for the three zones, with oxygen concentrations as low as 18.5% and carbon monoxide levels reaching 25.6 ppm, close to the permissible limit. The simulation of Scenario 2 showed parameters within acceptable ranges, with temperatures between 25.50 °C and 28.40 °C. It was concluded that the selected alternative is technically and economically feasible for improving ventilation conditions and contributing to safe and sustainable exploitation.

Keywords: Ventilation, Mining, Airflow, Fans, Simulation.

Índice

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INTRODUCCION	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
Índice.....	vi
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4.1. Conveniencia	5
1.4.2. Relevancia social.....	5
1.4.3. Implicancias prácticas	6
1.4.5. Utilidad metodológica.....	6
1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	6
1.5.1. Delimitación espacial.....	6
1.5.2. Delimitación temporal.....	7

1.6. HIPÓTESIS	7
1.6.1. Hipótesis general.....	7
1.6.2. Hipótesis específicas	7
1.7. VARIABLES E INDICADORES.....	7
1.7.1. Identificación de variables	7
1.7.2. Operacionalización de variables.....	7
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	10
2.1.3. Antecedentes locales	11
2.2. BASES TEÓRICAS	12
2.2.1. Tipos de sistema de ventilación	12
2.2.1.1. Ventilación natural	12
2.2.1.1.1. Factores que afectan la ventilación natural.....	13
2.2.1.2. Ventilación principal	14
2.2.1.3. Ventilación mecánica.....	15
2.2.1.3.1. Características de la ventilación mecánica	15
2.2.1.3.2. Componentes del sistema de ventilación mecánica.....	16
2.2.1.4. Ventilación auxiliar	16
2.2.1.4.1. Componentes del sistema auxiliar	17
2.2.1.4.2. Métodos de ventilación auxiliar	17
2.2.1.5. Tipos de ventiladores.....	18
2.2.1.6. Sistema de ventilación	19
2.2.2. Eficiencia de un sistema de ventilación.....	20
2.2.2.1. Tipos de eficiencia	20
2.2.2.1.1. Eficiencia Mecánica del Ventilador.....	20
2.2.2.1.2. Eficiencia del Motor Eléctrico	20
2.2.2.1.3. Eficiencia de Transmisión.....	20

2.2.2.1.4. <i>Eficiencia Aerodinámica del Circuito</i>	20
2.2.2.1.5. <i>Eficiencia Volumétrica (Fugas)</i>	21
2.2.2.1.6. <i>Eficiencia de Distribución</i>	21
2.2.3. Calidad de condiciones termo ambientales en labores subterráneas	21
2.2.3.1. Índices de Evaluación del Estrés Térmico	21
2.2.3.2. Índices de calidad ambiental y límites máximos permisibles	22
2.2.4. Mecanismos de construcción de chimeneas de ventilación	22
2.2.4.1. Ventajas de la Perforación con Raise Borer	23
2.2.5. Importancia de la Ventilación en Excavaciones Subterráneas	24
2.2.6. Cálculo de Requerimiento de Aire en Interior Mina	24
2.2.6.1. Cálculo de Requerimiento de Aire para Personal	24
2.2.6.2. Cálculo de Requerimiento de Aire para Equipos Diesel	25
2.2.6.3. Cálculo de Requerimiento de Aire uso de Explosivos	25
2.2.6.4. Caudal requerido temperatura en las labores de trabajo (QTe)	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	27
2.4. MARCO CONTEXTUAL DE LA MINA	29
2.4.1. Método de minado-mina korymina	29
2.5. ESTÁNDARES DE MINADO	33
2.5.1. Ancho de explotación	33
2.5.2. Altura de corte	34
2.5.5. Valor económico del mineral	35
2.6.1. Aspectos litológicos	40
2.6.2. Distribución de discontinuidades	40
2.6.3. Clasificación geomecánica	42
2.6.4. Zonificación geomecánica	42
2.6.5. Estado tensional	43
2.7. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN EN MINA KORYMINA	45
2.7.1. Condiciones geomecánicas	45
2.7.2. Distribución del mineral	45
2.7.4. Método de minado en Korymina	46

2.7.5. Costo de explotación unitario en Tajeos	49
2.8. ANÁLISIS ECONÓMICO	55
2.8.1. Horizonte de inversión	55
2.8.2. Costo total de explotación	56
CAPÍTULO III.....	59
MÉTODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	59
3.1. TIPO Y ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	59
3.2. NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	60
3.2.1. Nivel de investigación	60
3.3. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	60
3.3.1. Población	60
3.3.2. Muestra	60
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	61
3.4.1. Técnicas de recolección de datos	61
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos	61
3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS	62
CAPÍTULO IV	64
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION	64
4.1. Análisis y resultados respecto al objetivo general	64
4.1.1. Parámetros de la ventilación en la Mina Korymina.....	64
4.1.1.1. Requerimiento de aire para personal operativo	67
4.1.1.2. Requerimiento de aire para equipos petroleros.....	67
4.1.1.3. Requerimiento de aire por consumo de explosivos.....	68
4.1.1.4. Requerimiento de aire por consumo de temperatura	68
4.1.1.5. Requerimiento de aire por consumo de madera.....	69
4.1.1.6. Balance de aire en la zona “C” Carmen rosa.....	70
4.1.2. Análisis de ventilación en la zona Carmen Rosa “C”	74
4.1.2.1. Escenario 1: 01 ventilador de 45 Kcfm – 125 hp	74

4.1.2.2. Escenario 2: 02 ventiladores en serie de 45 Kcfm – 125 hp	78
4.1.2.3. Escenario 3:.....	83
4.1.2.4. Escenario 4:.....	87
4.2. Resultados respecto a los objetivos específicos-Mejora de condiciones laborales	94
4.3. Costos de ventilación.....	97
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	104

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	35
<i>Rendimiento de equipos</i>	<i>35</i>
Tabla 2. Reporte de mapeo geomecánico.....	38
Tabla 3.....	47
<i>Valoración y selección del método de minado Veta Conformada.....</i>	<i>47</i>
Tabla 4.....	48
<i>Valoración y selección del método de minado veta ramal y mari.....</i>	<i>48</i>
Tabla 5.....	50
<i>Datos técnicos Mina Korymina</i>	<i>50</i>
Tabla 6.....	51
<i>Parámetro de perforación y voladura</i>	<i>51</i>
Tabla 7.....	52
<i>Análisis de costos unitarios de explotación.....</i>	<i>52</i>
Tabla 8.....	53
<i>Análisis de costos unitarios instalación de puntales</i>	<i>53</i>
Tabla 9.....	54
<i>Análisis de costos unitarios extracción de mineral</i>	<i>54</i>
Tabla 10.....	55
<i>Horizonte de producción.....</i>	<i>55</i>
Tabla 11	56
<i>Costo total de explotación</i>	<i>56</i>
Tabla 12.....	56
<i>Calculo de la utilidad operativa.....</i>	<i>56</i>
Tabla 13.....	57
<i>Flujo de caja operativa después de impuestos</i>	<i>57</i>

Tabla 14.....	67
<i>Cantidad de aire para personal operativo</i>	<i>67</i>
Tabla 15.....	67
<i>Cantidad de aire para equipos petroleros</i>	<i>67</i>
Tabla 16.....	68
<i>Ecuación de Novitsky.....</i>	<i>68</i>
Tabla 17.....	69
<i>Consumo de aire por temperatura.....</i>	<i>69</i>
Tabla 18.....	69
<i>Calculo de sección promedio</i>	<i>69</i>
Tabla 19.....	69
<i>Factor de producción por consumo de madera</i>	<i>69</i>
Tabla 20.....	70
<i>Balance de aire Carmen rosa “C”</i>	<i>70</i>
Tabla 21.....	72
<i>Ingreso de flujo de aire a la zona Carmen rosa.....</i>	<i>72</i>
Tabla 22.....	72
<i>Salida de flujo de aire a la zona Carmen rosa</i>	<i>72</i>
Tabla 23.....	76
<i>Análisis de parámetros de ventilación para 1200 m</i>	<i>76</i>
Tabla 24.....	76
<i>Costo de energía</i>	<i>76</i>
Tabla 25.....	80
<i>Parámetros de ventilación para 1,200 m de longitud, con dos ventiladores de 45 Kcfm.</i>	<i>80</i>
Tabla 26.....	85
<i>Parámetros de ventilación para 600 metros de longitud, con dos ventiladores en un sistema mixto</i>	<i>85</i>

Tabla 27.....	85
<i>Costo ventilador 60 Kcfm.....</i>	<i>85</i>
Tabla 28.....	90
<i>Evaluación para dos ventiladores en un sistema en serie de inyección de aire (60Kcfm) y (45Kcfm)</i>	<i>90</i>
Tabla 29.....	92
<i>Análisis de costos de escenarios</i>	<i>92</i>
Tabla 30.....	93
<i>Selección técnica del escenario optimo</i>	<i>93</i>
Tabla 31.....	95
<i>Monitoreo de oxígeno (O₂) en escenario base y escenario simulado.....</i>	<i>95</i>
Tabla 32.....	96
<i>Niveles de monóxido de carbono (CO)en el escenario base y escenario simulado</i>	<i>96</i>
Tabla 33.....	98
<i>Costos de ventilación x mes</i>	<i>98</i>

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	7
<i>variables e indicadores.....</i>	<i>7</i>
Cuadro 2	22
<i>Límites máximos permisibles de gases</i>	<i>22</i>
Cuadro 3	37
<i>Esquema de evaluación geomecánica</i>	<i>37</i>
Cuadro 4	47
<i>Estructura de selección de minado.....</i>	<i>47</i>

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	13
<i>Ventilación natural por diferencia de presiones</i>	<i>13</i>
Figura 2	15
<i>Ventilación principal de un sistema.....</i>	<i>15</i>
Figura 3	18
<i>Ventilador centrifugo</i>	<i>18</i>
Figura 4	19
<i>Ventilador axial</i>	<i>19</i>
Figura 5.....	24
<i>Raise Borer Estándar</i>	<i>24</i>
Figura 6	31
<i>Ciclo de minado método de explotación corte relleno ascendente.....</i>	<i>31</i>
Figura 7	32
<i>Método de minado corte relleno ascendente</i>	<i>32</i>
Figura 8	33
<i>Ancho de explotación</i>	<i>33</i>
Figura 9	39
<i>Ubicación de estaciones de evaluacion geomecanica en las labores mineras.....</i>	<i>39</i>
Figura 10.	40
<i>Litología y zonificación.....</i>	<i>40</i>
Figura 11	41
<i>diagrama estereográfico de fallas.....</i>	<i>41</i>
Figura 12	42
<i>Diagrama estereográfico de diaclasas.....</i>	<i>42</i>
Figura 13	44
<i>Diagrama estereográfico de esfuerzos principales</i>	<i>44</i>

Figura 14.....	44
<i>Transmisión de esfuerzos.....</i>	<i>44</i>
Figura 15.....	49
<i>Diseño de los tajeos de explotación</i>	<i>49</i>
Figura 16.....	65
<i>Sistema de ventilación Zonas de ingreso y salida de aire.....</i>	<i>65</i>
Figura 17	66
<i>Zona de estudio Gal-72-27S</i>	<i>66</i>
Figura 18.....	73
<i>Ingresos y salidas de aire en mina Korymina SAC</i>	<i>73</i>
Figura 19	75
<i>Sistema de ventilación con un ventilador de 45 Kcfm y 125 Hp</i>	<i>75</i>
Figura 20	77
<i>Análisis grafico Caudal presión vs Longitud 600 y 800</i>	<i>77</i>
Figura 21	77
<i>Análisis grafico Caudal presión vs Longitud 1000 y 1200</i>	<i>77</i>
Figura 22	78
<i>Análisis caudal, presión vs longitud Ventilador 45 Kcfm con 02 ductos 36'Ø'</i>	<i>78</i>
Figura 23.....	79
<i>Sistema de Ventilación con 02 ventiladores de 45 Kcfm en serie.....</i>	<i>79</i>
Figura 24.....	80
<i>Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 600 y 800 m</i>	<i>80</i>
Figura 25.....	81
<i>Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 600 y 800 m</i>	<i>81</i>
Figura 26.....	81
<i>Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 1000 y 1200 m</i>	<i>81</i>
Figura 27.....	82

<i>Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 1000 y 1200 m</i>	82
Figura 28	82
<i>Análisis de Potencia, Presión vs Longitud con 02 ventiladores de 45 Kcfm con 02 ductos de Ø 36"</i>	82
Figura 29	84
<i>Ventilación Mixto con 01 ventilador de 45Kcfm como inyector y 01 ventilador de 60Kcfm como extractor con dos líneas de manga de Ø36".....</i>	84
Figura 30	86
<i>Análisis de curva de caudal y presión del ventilador inyector de 45 Kcfm.....</i>	86
Figura 31	87
<i>Parámetros de ventilador 60 Kcfm</i>	87
Figura 32	87
<i>Análisis de velocidad de salida vs longitud para un ventilador de 60Kcfm y 45Kcfm con 02 ductos de Ø 36"</i>	87
Figura 33	89
<i>Sistema de Ventilación en serie con 01 ventilador de 60Kcfm como inyector y 01 ventilador de 45Kcfm como inyector con dos líneas de manga de Ø36".....</i>	89
Figura 34	90
<i>Análisis de curva de caudal y presión del ventilador inyector de 45Kcfm.....</i>	90
Figura 35.....	91
<i>Análisis de velocidad en el frente de operación vs caudal de ingreso y salida para ventiladores enseriados de 60 kcfm y 45 kcfm con 02 ductos de Ø 36"</i>	91
Figura 36.....	95
<i>Niveles de oxígeno (O₂) en interior mina, escenario base y escenario simulado</i>	95
Figura 37	96
<i>Niveles de monóxido de carbono (CO) en el escenario base y escenario simulado.</i>	96
Figura 38.....	105
<i>Estratigrafía formación sandia</i>	105

Figura 39	107
<i>Estratigrafía grupo ambo</i>	107
Figura 40	109
<i>Estratigrafía grupo Copacabana</i>	109
Figura 41	111
<i>Fallas y pliegues-minas rinconada</i>	111
Figura 42	113
<i>Unidades litoestratigráficas</i>	113
Figura 43	114
<i>Mapa geológico de la rinconada</i>	114
Figura 44	115
<i>Escenario 01 de ventilación 01 ventilador de 45 kcfm – 125 HP</i>	115
Figura 45	116
<i>Escenario 02; (02) Ventiladores en serie de 45 KCFM – 125 HP</i>	116
Figura 46	117
<i>Escenario 03; Ventilación mixta (01) ventilador 60 kcfm – 150 hp y (01) ventilador 45 KCFM – 125 HP</i>	117
Figura 47	118
<i>Escenario 04; (01) ventilador de 60 KCFM– 150 HP en serie a (01) ventilador de 45 KCFM – 125 HP</i>	118
Figura 48	119
<i>Estudio de Campo, Zona Carmen rosa “C”</i>	119
Figura 49	119
<i>Accesos y sala de coordinacion</i>	119
Figura 50	120
<i>Mandas de ventilación y cámara de control.</i>	120
Figura 51	121
<i>Frentes de trabajo en Galería, GAL-72-27S</i>	121

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ventilación garantiza protección, la salud laboral y la continuidad operativa. Su correcta gestión permite suministrar aire fresco a las labores mineras, controlar la presencia de gases contaminantes, reducir el estrés térmico y mantener ambientes seguros para la ejecución eficiente de las labores de explotación. En ese sentido, un sistema deficiente de ventilación puede generar riesgos al personal, disminución del rendimiento laboral, paralizaciones temporales y restricciones en el trabajo minero.

La empresa minera Korymina S.A.C. desarrolla actividades extractivas en las zonas denominadas Carmen Rosa “A”, Carmen Rosa “B” y Carmen Rosa “C”, las cuales se ubican entre los niveles operativos NV 4800 y NV 5200, donde actualmente se dispone de un suministro total de aire de 41,349.95 CFM. Dicho caudal representa el flujo global disponible para abastecer las necesidades de ventilación en estos sectores de operación; sin embargo, ello no garantiza necesariamente una distribución eficiente hacia todas las labores activas, especialmente en zonas alejadas, de mayor profundidad o con geometría compleja,

donde las pérdidas por fricción, fugas y resistencias del circuito pueden reducir significativamente la cobertura efectiva de aire fresco. Las dificultades para lograr una ventilación eficiente en minería subterránea se incrementan conforme las labores avanzan hacia niveles más profundos, como consecuencia de optimizar los recursos minerales disponibles. A medida que la explotación progresa, aumentan los desafíos técnicos relacionados con la conducción del aire, el control de contaminantes y el mantenimiento de condiciones termo ambientales adecuadas. Bajo estas condiciones, los niveles de oxígeno podrían disminuir por debajo de los valores recomendados, mientras que la concentración de gases nocivos podría aproximarse a los límites permisibles. A ello se suman las temperaturas elevadas en las labores, las cuales pueden afectar las condiciones de trabajo, el desempeño y la seguridad del personal.

El principal desafío actual se enfoca en la mejora de las condiciones atmosféricas dentro de la mina, especialmente en las labores profundas donde las temperaturas son mayores y se requiere la instalación de ventiladores de mayor capacidad y eficiencia. Este incremento térmico responde a diversos factores, entre ellos el gradiente geotérmico natural de la corteza terrestre, el calor generado por maquinaria y equipos en operación, el calor metabólico producido por los trabajadores y la energía liberada durante los procesos de perforación, voladura, carguío y transporte del mineral. Tales condiciones no solo afectan el bienestar del trabajador, sino que también pueden acelerar el desgaste de los equipos, disminuir la productividad e incrementar el riesgo de incidentes asociados al estrés térmico. Las disposiciones de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería contenidas en el D.S. N.º 024-2016-EM, actualizado mediante el D.S. N.º 034-2023-EM, establece en su Artículo 252 que el caudal minero satisfaga las demandas laborales, garantizar condiciones térmicas adecuadas y operatividad diésel. Asimismo, cuando no se utilicen dichos equipos, se deberá considerar el volumen de aire requerido para dispersar los gases generados durante las

voladuras. Esta normativa también regula límites máximos permisibles de contaminantes, rangos de velocidad y calidad del aire respirable, cuyo cumplimiento es obligatorio para garantizar ambientes laborales seguros.

En la Mina Korymina S.A.C., específicamente en la zona Carmen Rosa “C”, Se necesita efectuar un análisis completo del sistema ventilatorio al desarrollo de la galería GAL-72-27S, cuya longitud proyectada alcanza los 1200 metros. La longitud proyectada de la galería constituye un reto para la ventilación, debido a que se requiere un sistema auxiliar capaz de mantener condiciones adecuadas a lo largo de la labor y, al mismo tiempo, afrontar las pérdidas de carga, las fugas en las mangas y la resistencia generada en el circuito. Esta necesidad también está relacionada con los trabajos de exploración mediante perforación diamantina y con las labores de desarrollo y preparación minera. En estas actividades intervienen trabajadores y equipos que necesitan un suministro adecuado de aire para desarrollar sus labores en condiciones seguras.

Durante la perforación diamantina se genera calor y polvo; por otro lado, el avance mediante perforación y voladura produce gases que deben ser diluidos y evacuados antes de permitir el reingreso del personal. A esto se añade el uso de equipos diésel para el transporte, cuya operación representa otra fuente de contaminación del aire en interior mina. Por estas razones, es necesario evaluar el circuito de ventilación y determinar si sus componentes responden a las condiciones de la labor. Para ello, se deben considerar aspectos como la capacidad de los ventiladores, el diámetro y estado de las mangas, las posibles fugas, el requerimiento de aire calculado y la cobertura alcanzada en los diferentes sectores de trabajo. Asimismo, se requiere determinar con precisión el requerimiento de aire fresco según el personal, equipos operativos, características geométricas de la labor y proyecciones futuras de avance. De mantenerse la situación actual, la zona Carmen Rosa “C” Podría generar limitaciones para el inicio y la continuidad de la explotación planificada,

repercutiendo en la productividad, la seguridad operativa y el acatamiento de la regulación aplicable. En consecuencia, se requiere formular soluciones técnicas para mejorar la ventilación que posibiliten optimizar las condiciones laborales, aumentar la eficiencia operativa y asegurar una explotación segura y sostenible en el área evaluada.

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS

1.2.1. Problema general

- ❖ ¿Cómo mejorar la ventilación técnicamente viable en la zona Carmen Rosa C de la mina Korymina SAC para garantizar un ambiente de trabajo seguro y eficiente?

1.2.2. Problemas específicos

- ❖ ¿Cuáles son las principales deficiencias del sistema de ventilación actual en la zona de explotación de Carmen Rosa C?
- ❖ ¿Qué tecnologías o métodos de ventilación podrían implementarse para optimizar la calidad del aire en la zona de explotación Carmen rosa C?
- ❖ ¿En qué medida la propuesta de mejoramiento de la ventilación permitirá el cumplimiento de los parámetros técnicos de calidad y cantidad del aire en la zona de explotación de Carmen Rosa “C”?

1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

- ❖ Desarrollar un plan de mejoramiento de ventilación técnicamente viable en la zona Carmen Rosa C, de la mina Korymina SAC para mejorar las condiciones de ventilación.

1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Determinar las deficiencias técnicas y operativas del sistema de ventilación existente en la zona Carmen Rosa “C”, mediante diagnóstico del caudal de aire y análisis de distribución del suministro de aire.
- ❖ Proponer alternativas tecnologías de ventilación adecuadas para mejorar la circulación de aire en la zona de explotación Carmen rosa C.
- ❖ Evaluar el cumplimiento de los parámetros técnicos de calidad y cantidad del aire en la zona de explotación Carmen Rosa “C”.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Conveniencia

El estudio resulta pertinente al examinar una problemática real de ventilación subterránea, un elemento Clave para asegurar la seguridad y la continuidad de las labores en la zona Carmen Rosa.“C” de la Mina Korymina S.A.C. Optimizar la ventilación asegurará aire fresco en profundidad, favoreciendo el desarrollo regular de las actividades de extracción y contribuyendo al alcance de las metas productivas establecidas.

1.4.2. Relevancia social

El estudio posee impacto social al favorecer mejores condiciones ambientales en interior mina, reduciendo la exposición del personal a gases contaminantes, deficiencia de oxígeno y temperaturas elevadas que podrían poner en riesgo su salud y seguridad. En ese sentido, la propuesta beneficiará directamente a los trabajadores al promover ambientes laborales más seguros, saludables y apropiados para el desarrollo de sus funciones.

1.4.3. Implicancias prácticas

Desde el punto de vista práctico, la investigación permitirá reconocer las principales deficiencias del sistema de ventilación actual y, a partir de ellas, plantear alternativas técnicas orientadas a su mejora. También permitirá establecer criterios para seleccionar los equipos de ventilación, definir las dimensiones de las mangas, evaluar la cobertura de aire y controlar las condiciones termo ambientales. Estos aspectos son necesarios para mantener condiciones adecuadas de seguridad y eficiencia durante la explotación en la zona de estudio.

1.4.4. Valor teórico

La indagación aporta valor teórico al desarrollar conceptos y fundamentos relacionados con ventilación minera subterránea, requerimiento de aire fresco, control de contaminantes, pérdidas de carga y evaluación de circuitos de ventilación. Del mismo modo, permitirá contrastar conocimientos existentes con una aplicación práctica en la Mina Korymina S.A.C., fortaleciendo el estudio técnico de la ventilación en labores profundas.

1.4.5. Utilidad metodológica

En el aspecto metodológico, la indagación propone un procedimiento técnico basado en diagnóstico situacional, cálculo de requerimiento de aire, análisis comparativo de escenarios y selección de una alternativa óptima de ventilación. Esta metodología podrá aportar un referente para trabajos posteriores en diferentes unidades operativas mineras subterráneas que presenten problemas relacionados con ventilación y seguridad operacional.

1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

1.5.1. Delimitación espacial

Evaluación del sistema de ventilación en la GAL 72-27S de la zona Carmen Rosa

“C”, en el distrito de Ananea Región Puno en la Mina Korymina SAC.

1.5.2. Delimitación temporal

La investigación se desarrolló durante el periodo 2024–2026.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

- ❖ La propuesta de mejoramiento de ventilación técnicamente viable en la zona Carmen Rosa C de la mina Korymina SAC. Permitirá mejorar las condiciones de ventilación.

1.6.2. Hipótesis específicas

- ❖ Las deficiencias identificadas en el sistema de ventilación actual pueden ser subsanadas mediante una propuesta de diseño más eficiente.
- ❖ La adopción de tecnologías avanzadas de ventilación mejorará significativamente la circulación del aire y, por ende, la calidad del ambiente laboral.
- ❖ La propuesta de mejoramiento de la ventilación permitirá cumplir los parámetros técnicos de calidad y cantidad del aire establecidos en la normativa vigente para minería subterránea.

1.7. VARIABLES E INDICADORES

1.7.1. Identificación de variables

- ❖ **Variable Dependiente:** Calidad y cantidad del aire en las labores subterráneas.
- ❖ **Variable Independiente:** Ventilación minera

1.7.2. Operacionalización de variables

Cuadro 1

variables e indicadores

	Variables	Dimensión	Indicadores	Unidades
Variable independiente	Mejoramiento de la ventilación	Tipo de sistema	Ventilación natural	Nominal
			Ventilación principal	Nominal
			Ventilación mecánica	Nominal
			Ventilación auxiliar	Nominal

Variable dependiente		Capacidad	Caudal de aire suministrado	m ³ /min
		Eficiencia	Potencia de ventilador	Hp o KW
			Velocidad de aire	m/seg
	Condiciones de calidad y cantidad del aire	Cantidad	Caudal efectivo zona/persona ≥3m ³ /min	m ³ /min
		Calidad	Oxigeno ≥19.5%	%
			CO (LMP=25 ppm)	ppm
			CO ₂ (LMP=5000 ppm)	ppm
			SO ₂ (LMP=2 ppm)	ppm
			NO _x (LMP = ppm)	ppm
			Temperatura < 30°C	°C
			Humedad < 85%	%
			Velocidad de aire en frentes de trabajo mínima ≥ 20 m/min	m/min

Fuente: *Elaboración Propia*

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

2.1.1. Antecedentes internacionales

Muñoz Barraza (Chile) (2025) “Evaluación del proyecto de ventilación principal para una mina subterránea Sub Level Stopping”, Universidad de Chile. Evaluó el desempeño de una red principal de ventilación destinada a favorecer la circulación en sectores inferiores, concluyendo que "la evaluación del sistema de ventilación permitió optimizar el suministro de aire y mejorar las condiciones ambientales para el desarrollo de las operaciones mineras" (Muñoz Barraza, 2025, p. 20). Este hallazgo evidencia la importancia de evaluar técnicamente las redes ventilatorias para optimizar la circulación atmosférica y condiciones seguras de trabajo, constituyendo un sustento para la presente investigación, la cual también analiza el comportamiento del sistema de ventilación; sin embargo, debido a las diferencias en las características geológicas, operativas y de explotación entre ambas unidades mineras, los resultados deben interpretarse considerando las particularidades de la zona Carmen Rosa "C" de la mina Korymina S.A.C.

Ponce Estrada & Huaraya Manzano (Uruguay) (2022) “Planificación del sistema de ventilación y diseño 3D a largo plazo con el software 3D Ventsin, caso Mina Santander – Glencore”. Universidad de Montevideo, concluyen que “con la adecuada planificación bajo el soporte del software Ventsin, se cumple con el requerimiento de aire fresco a largo plazo y permite la evaluación del comportamiento y sensibilidad del flujo de aire de acuerdo con los

avances en la unidad minera”. Este resultado evidencia la simulación permite planificar y evaluar sistemas ventilatorios previamente, constituyendo un referente para la presente investigación, ya que también emplea el software Ventsim para analizar diferentes escenarios de ventilación y seleccionar la alternativa técnicamente más adecuada para la zona Carmen Rosa "C" de la mina Korymina S.A.C.; sin embargo, las condiciones operativas y los requerimientos de ventilación de ambas unidades mineras son diferentes, por lo que el análisis debe adaptarse a las características específicas del área de estudio.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Hidalgo Blas (Arequipa) (2024), “Mejoramiento del sistema de ventilación con la construcción de una chimenea e implementación de ventiladores en la mina Chalhuan, Arequipa”, presentada a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, concluye que las deficiencias del sistema de ventilación se deben a la limitada capacidad de los equipos y a la ausencia de una chimenea de ventilación, proponiendo la incorporación de un circuito de aire que favorezca la reducción de la temperatura y la evacuación de gases, mejorando las condiciones ambientales de la mina. Este estudio evidencia que el diagnóstico del sistema de ventilación constituye la base para plantear alternativas de mejora; sin embargo, las condiciones de operación de la mina Chalhuan difieren de las existentes en la zona Carmen Rosa "C" de la mina Korymina S.A.C.

Camargo Diaz & Segura Galindo (Lima) (2023), “Desarrollo de una Chimenea de Ventilación en una Mina ubicada al Centro del Perú aplicando el Sistema Raise Boring”. Pontificia Universidad Católica del Perú, en conclusión se explica “uno de los principales beneficios de la perforación Raise Boring es que es un método seguro y eficiente para crear aberturas subterráneas”, destacando además que prescinde de explosivos, vibraciones y emisiones tóxicas y permite obtener una sección uniforme con mayor precisión de conexión. Este hallazgo demuestra que la aplicación del sistema Raise Boring representa una opción

eficiente para ejecutar chimeneas ventilatorias favoreciendo la seguridad y continuidad de las operaciones mineras; en ese sentido, el estudio aporta criterios técnicos que respaldan la presente investigación al evidenciar la importancia de seleccionar métodos constructivos acordes con las necesidades del sistema de ventilación, aunque su aplicación dependerá de las condiciones geológicas, operativas y del diseño propio de la zona Carmen Rosa "C".

Dueñas Chumbe (Lima) (2023), “Aplicación del Método de Perforación Raise Boring para la Construcción de Chimenea de Ventilación en la U.P. Alpayana”. Universidad Nacional del Centro del Perú, concluye que “la perforación con Raise Boring tiene una influencia significativa positiva en la construcción de chimeneas de ventilación de la unidad minera Alpayana, determinada por un coeficiente de correlación $r = 0.889$ ”. Este resultado evidencia que Raise Boring ofrece una opción segura y eficiente para construir chimeneas ventilatorias y las condiciones de excavación. Sin embargo, su aplicación depende de las características geomecánicas y operativas de cada unidad minera, en consecuencia, los resultados de Alpayana carecen de generalización directa a la zona Carmen Rosa "C" de la mina Korymina S.A.C.

2.1.3. Antecedentes locales

Cansaya Papel (La libertad) (2023), “Selección y ubicación de ventiladores principales para mejorar las condiciones termoambientales en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A., Parcoy, La Libertad”. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, concluye que el modelamiento ventilatorio permitió determinar la ubicación más adecuada de los ventiladores principales y optimizar el flujo atmosférico subterráneo; asimismo, advierte que la recuperación de labores previas y chimeneas favorece la circulación del aire, reduciendo las condiciones termoambientales desfavorables y mejorando la eficiencia del circuito de ventilación. Este estudio evidencia la importancia de la simulación para sustentar técnicamente la selección y ubicación de ventiladores principales, constituyendo un referente

para la presente investigación; sin embargo, las condiciones de ventilación y las características operativas de la Unidad Minera Retamas difieren de las existentes en la mina Korymina S.A.C.

Loayza Huari (Ayacucho) (2021) “Optimización del sistema de ventilación a corto plazo en la Unidad Operativa Pallancata – Ayacucho”. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, determina que la mejora ventilatoria favoreció la circulación atmosférica y cubrió los requerimientos operativos diésel, contribuyendo a mayor seguridad y eficiencia ocupacional. La evidencia obtenida señala que el diagnóstico técnico del circuito de ventilación es fundamental para optimizar el suministro de aire en minería subterránea, constituyendo un referente para la presente investigación; no obstante, las condiciones de explotación y los requerimientos de ventilación de la Unidad Operativa Pallancata difieren de los existentes en la zona Carmen Rosa "C" de la mina Korymina S.A.C., por lo que las alternativas deben responder a las características propias de cada operación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Tipos de sistema de ventilación

2.2.1.1. Ventilación natural

Según Novitzky (2002), "la ventilación natural es aquella que se produce por la variación de la diferencia de densidad del aire entre ambos ambientes de la mina, ocasionada por las diferencias térmicas existentes, presión barométrica y altitud.

Figura 1*Ventilación natural por diferencia de presiones***Fuente:** Novitzky (2002)

2.2.1.1.1. Factores que afectan la ventilación natural

Diferencia de temperatura: según Malcolm (2002). "La ventilación natural es directamente proporcional a causa de la disparidad de temperaturas entre el aire de dentro y fuera de la mina. Una diferencia de 10°C puede generar una presión natural de aproximadamente 40 Pascales con un desnivel de 300 metros.

Diferencia de elevación: según Malcolm (2002) "La altura entre las bocaminas de acceso y descarga es un aspecto clave; mientras mayor sea esta diferencia, mayor será la presión natural disponible"

Variaciones estacionales: Según Novitzky (2002), "la ventilación natural es más efectiva durante en época de invierno, caracterizada por bajos niveles térmicos en el exterior y puede incluso revertirse en verano si la temperatura exterior supera la interior"

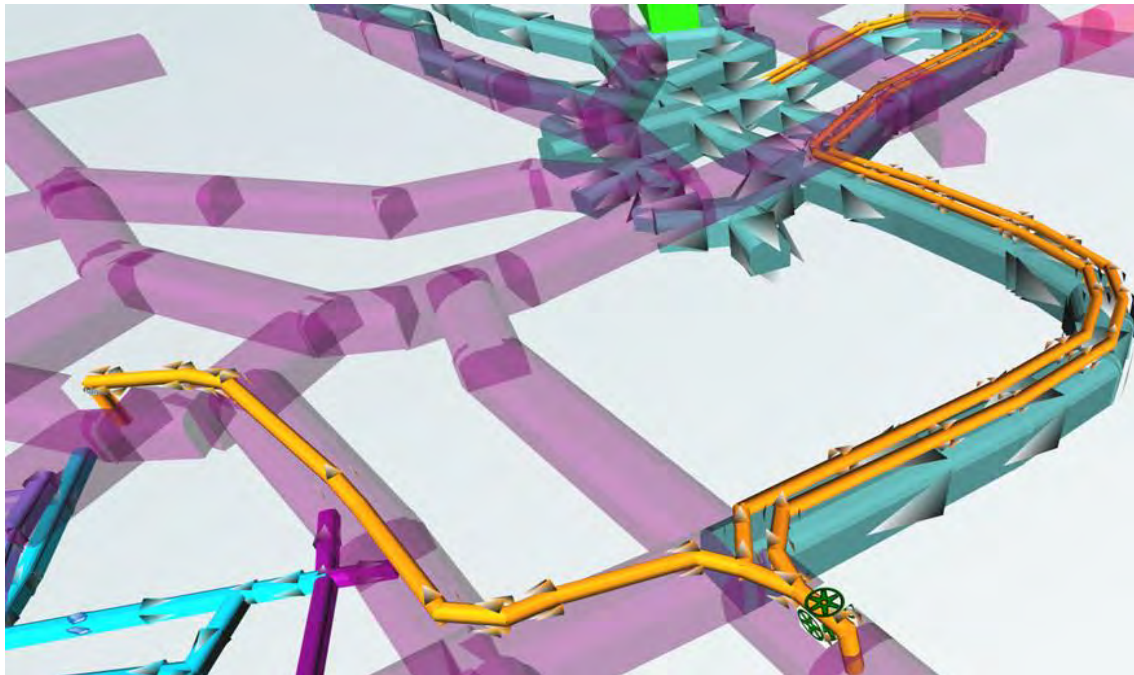
2.2.1.2. Ventilación principal

Malcolm (2002), la describe como "el componente fundamental del sistema de ventilación que define la capacidad total de ventilación de la mina y del cual dependen todos los sistemas secundarios y auxiliares"

Según Hartman (1997), "En la ventilación aspirante, el ventilador principal se instala en la salida del circuito (upcast shaft), extrayendo el aire viciado de la mina y creando una presión negativa relativa en el interior. Este método tiene la ventaja de que los gases tóxicos y el polvo no pasan por el ventilador, prolongando su vida útil y reduciendo su mantenimiento"

Según Vutukuri & Lama (1986), "La ventilación impelente instala el ventilador en la entrada del circuito (downcast shaft), inyectando aire fresco a la mina bajo presión positiva. Este sistema tiene la ventaja de presurizar las labores, lo que puede mejorar las condiciones geomecánicas y reducir emanaciones de gas desde las rocas"

Novitzky (2002), argumenta que "la ventilación mixta representa el estado del arte en sistemas de ventilación principal, permitiendo optimizar el circuito para diferentes condiciones operativas y minimizar el consumo energético mediante el uso coordinado de múltiples ventiladores".

Figura 2*Ventilación principal de un sistema***Fuente:** *Elaboración propia*

2.2.1.3. Ventilación mecánica

Según Hartman et al. (1997), "la ventilación mecánica se caracteriza por el uso de energía externa para mover el aire, permitiendo controlar activamente el caudal, la dirección y la distribución del flujo de ventilación en concordancia con los requerimientos operativos y seguridad"

2.2.1.3.1. Características de la ventilación mecánica

Novitzky (2002) identifica las siguientes características esenciales:

Control activo: "A diferencia de la ventilación natural, la mecánica permite ajustar el caudal de aire según las necesidades operativas mediante cambios en la velocidad del ventilador, apertura de reguladores, o activación de ventiladores adicionales".

Independencia climática: "La ventilación mecánica no depende de condiciones atmosféricas externas, proporcionando un flujo constante y confiable durante todo el año".

Escalabilidad: "El sistema puede dimensionarse para cualquier tamaño de operación minera, desde pequeñas minas hasta operaciones masivas que muevan millones de metros cúbicos de aire por minuto".

2.2.1.3.2. Componentes del sistema de ventilación mecánica

Según McPherson (1993), "Los ventiladores son el corazón del sistema de ventilación mecánica. Deben seleccionarse considerando las curvas características de presión-caudal, la eficiencia operativa, y el punto de trabajo del sistema. Un ventilador operando lejos de su punto óptimo resulta en ineficiencia energética y mayores costos operativos"

Redes de Ductos y Galerías; Según Hartman (1997), "El circuito de ventilación consiste en una red tridimensional de conductos (galerías, rampas, piques, chimeneas) que transportan el aire. La resistencia total del circuito depende de: longitud, área, perímetro, rugosidad de las paredes, y turbulencia causada por cambios de dirección o sección"

Dispositivos de Control; Según Malcolm (2002), "Los dispositivos de control (puertas, reguladores, cortinas, tapones) resultan fundamentales para orientar el direccionamiento del aire a las áreas requeridas y la eliminación de fugas de ventilación que ocasionarían pérdidas de energía. Una puerta mal sellada puede resultar en pérdidas de 10-30% del caudal total"

2.2.1.4. Ventilación auxiliar

Según Hartman (1997), "Un subsistema de ventilación mecánica utilizado para proporcionar aire fresco a áreas específicas de la mina que no son alcanzadas adecuadamente por la ventilación principal, particularmente en frentes de desarrollo ciegos, talleres, y cámaras de equipos. La ventilación auxiliar utiliza ventiladores de menor

capacidad conectados a ductos flexibles o rígidos que transportan el aire hasta el punto de uso".

2.2.1.4.1. Componentes del sistema auxiliar

*Ventiladores auxiliares; Según Novitzky (2002), "Los ventiladores auxiliares son equipos de mediana capacidad (típicamente 5,000-50,000 CFM) diseñados para ser móviles y adaptables. Se fabrican en potencias desde 5 HP hasta 100 HP, dependiendo de la longitud del desarrollo y el caudal requerido".

*Ductos de ventilación; Según McPherson (1993), "Los ductos son conductos flexibles o rígidos que transportan el aire desde el circuito principal hasta el frente de trabajo. Los ductos flexibles se fabrican típicamente en poliéster reforzado con espirales de acero, con diámetros estándar de 600 mm (24"), 750 mm (30"), 900 mm (36"), y 1200 mm (48"). La selección del diámetro depende del caudal requerido y la longitud del desarrollo"

2.2.1.4.2. Métodos de ventilación auxiliar

*Sistema impelente; Según Hartman (1997), "En el sistema impelente, el ventilador auxiliar inyecta aire fresco a través del ducto hacia el frente de trabajo. El aire viciado retorna por la labor misma. Este es el método más comúnmente utilizado en minería debido a su simplicidad y eficiencia en labores horizontales e inclinadas"

*Sistema aspirante; Según Novitzky (2002), "En ventilación aspirante, el ventilador extrae aire viciado directamente desde el área de operación a través de la tubería, en tanto que el flujo aéreo fresco ingresa por la labor. Este método es superior para evacuar gases de voladura y emanaciones de equipos diésel, ya que captura los contaminantes en su fuente antes de que se dispersen"

*Sistema mixto; Según Hartman (1997), "En el sistema mixto, el ducto impelente suministra aire fresco directamente al frente, mientras el ducto aspirante extrae aire viciado

de una posición intermedia. Esto crea un patrón de flujo controlado que maximiza el barrido efectivo del frente de trabajo. La eficiencia de ventilación puede alcanzar 85-90%, superior a cualquier sistema simple"

2.2.1.5. Tipos de ventiladores

2.2.1.5.1. Ventilador Centrifugo

Es una turbomáquina de flujo radial que convierte la energía motriz en movimiento y potencial del aire, mediante la acción de un rodete con paletas que giran a alta velocidad, provocando que el aire ingrese axialmente y sea expulsado radialmente por efecto de la fuerza centrífuga.

Figura 3

Ventilador centrifugo



Fuente: *Novitzky (2002)*

2.2.1.5.2. Ventilador Axial

Mueve el aire paralelamente a su eje de rotación, a diferencia de los ventiladores centrífugos que lo desvían hacia los lados.

Figura 4

Ventilador axial



Fuente: *Novitzky (2002)*

2.2.1.6. Sistema de ventilación

2.2.1.6.1. Ventilación Impelente

Inyecta flujo limpio hacia el interior del espacio. Trabaja generando presión positiva: el ventilador está ubicado antes del espacio a ventilar, inyectando aire y obligando a que el aire interior encuentre salida. Es ideal cuando se quiere asegurar que no entre aire contaminado del exterior

2.2.1.6.2. Ventilación Extractor

Aspira y evacúa el aire viciado del interior hacia el exterior. Genera presión negativa: el ventilador se sitúa aguas abajo del espacio, "jalando" el aire hacia afuera. Se usa cuando se quiere evitar que olores, humos o contaminantes salgan del espacio hacia zonas adyacente.

2.2.2. Eficiencia de un sistema de ventilación

Según McPherson (1993), "La eficiencia ventilatoria es la relación entre el trabajo útil realizado (transportar el volumen necesario de aire puro hacia las labores) y la energía total consumida. Un sistema eficiente minimiza las pérdidas por fricción, fugas, turbulencia, y recirculación, maximizando el aire útil que llega a los puntos de consumo"

2.2.2.1. Tipos de eficiencia

2.2.2.1.1. Eficiencia Mecánica del Ventilador

Malcolm (2002), "La eficiencia mecánica del ventilador es la relación entre la carga energética transmitida a la corriente aérea y la capacidad motriz del impulsor. Los mejores ventiladores axiales mineros alcanzan eficiencias de 75-85% en su punto óptimo de operación, mientras que ventiladores centrífugos pueden alcanzar 80-88%"

2.2.2.1.2. Eficiencia del Motor Eléctrico

Según McPherson (1993), "Los motores eléctricos que accionan los ventiladores tienen eficiencias de 88-95% dependiendo del tamaño, tipo y carga. Motores grandes (> 200 HP) de alta eficiencia pueden alcanzar 94-96%, mientras que motores pequeños (< 50 HP) típicamente alcanzan 85-90%"

2.2.2.1.3. Eficiencia de Transmisión

Hartman (1997), describen "La transmisión de potencia del motor al ventilador puede realizarse mediante: (1) acoplamiento directo ($\eta = 98-99\%$), (2) correas en V ($\eta = 92-95\%$), (3) transmisión por cadena ($\eta = 94-97\%$). Las transmisiones directas son más eficientes, pero menos flexibles para ajustes de velocidad"

2.2.2.1.4. Eficiencia Aerodinámica del Circuito

Malcolm (2002), "La eficiencia aerodinámica del circuito es la relación entre la presión útil requerida teóricamente (basada solo en fricción laminar en conductos lisos) y la

presión real necesaria (incluyendo turbulencia, cambios de dirección, obstrucciones, y rugosidad). Circuitos bien diseñados alcanzan eficiencias de 70-80%"

2.2.2.1.5. Eficiencia Volumétrica (Fugas)

Según Hartman (1997), "La eficiencia volumétrica representa la fracción del caudal generado por los ventiladores que efectivamente llega a los frentes de trabajo. Las fugas ocurren en: puertas mal selladas (30-40% de fugas totales), tapones deteriorados (20-30%), ductos auxiliares dañados (20-25%), y grietas en macizo rocoso (10-20%)"

2.2.2.1.6. Eficiencia de Distribución

Según McPherson (1993), "La eficiencia de distribución mide qué tan uniformemente se distribuye el aire disponible entre las diferentes áreas de la mina según sus necesidades. Un sistema puede tener capacidad total adecuada, pero distribución deficiente, resultando en áreas sobre ventiladas (desperdicio) y áreas sub-ventiladas (peligrosas)"

2.2.3. Calidad de condiciones termo ambientales en labores subterráneas

Según Hartman, "El conjunto de parámetros físicos y químicos del ambiente de trabajo que influyen en el confort térmico, la salud respiratoria y la capacidad de trabajo de los mineros, incluyendo: temperatura, humedad, velocidad y radiación térmica, presión barométrica, composición química del aire (gases), y material particulado en suspensión"

2.2.3.1. Índices de Evaluación del Estrés Térmico

La calidad termo ambiental se evalúa mediante índices que integran variables ambientales y fisiológicas:

Temperatura de bulbo húmedo (Twb): Indicador directo de la capacidad de enfriamiento por evaporación del sudor; valores $>27.5^{\circ}\text{C}$ requieren gestión formal de estrés por calor, y $>32.5^{\circ}\text{C}$ impiden el trabajo rutinario.

Temperatura efectiva (ET): Combina temperatura seca, húmeda y velocidad del aire para evaluar el confort térmico.

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT): Índice recomendado por ACGIH y MSHA; calcula como $WBGT = 0.7 T_{wb} \text{ natural} + 0.2 T_g \text{ (globo)} + 0.1 T_{db} \text{ (bulbo seco)}$ en exteriores, o simplificado en interiores. Valores $>26-28^\circ\text{C}$ requieren regímenes de trabajo-descanso, dependiendo de la tasa metabólica.

2.2.3.2. Índices de calidad ambiental y límites máximos permisibles

Cuadro 2

Límites máximos permisibles de gases

Gas/Agente	Límite TWA (8 horas)	Límite STEL (15 min)	Límite Techo (C)	Unidad	Observaciones
Oxígeno (O₂)	Mínimo 19.5%	-	Máximo 22.5%	% vol.	Mínimo obligatorio en todas las labores subterráneas para evitar asfixia (Art. 246 del Reglamento).
Monóxido de Carbono (CO)	25 ppm	-	-	ppm	Proveniente principalmente de equipos diésel y voladuras.
Dióxido de Carbono (CO₂)	5000 ppm	30000 ppm	-	ppm	Límite común para dilución por respiración y combustión.
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	3 ppm	5 ppm	-	ppm	De explosivos y motores diésel.
Óxidos de Nitrógeno (NO_x como NO)	25 ppm	-	-	ppm	-
Anhídrido Sulfuroso (SO₂)	2 ppm	5 ppm	-	ppm	De voladuras o minerales sulfurados.

Fuente: D.S N° 034-2023-EM “Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería

2.2.4. Mecanismos de construcción de chimeneas de ventilación

Consiste en el corte escareado de la roca con un equipo mecánico desde la parte superior de una planta o nivel, o incluso en el exterior de la mina para desde ese punto realizar un barreno piloto descendente que cala en un hueco abierto previamente, a continuación, en la parte interior se acopla la cabeza escariadora realizando la perforación de

la chimenea en sentido ascendente.” (INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, 2021)

2.2.4.1. Ventajas de la Perforación con Raise Borer

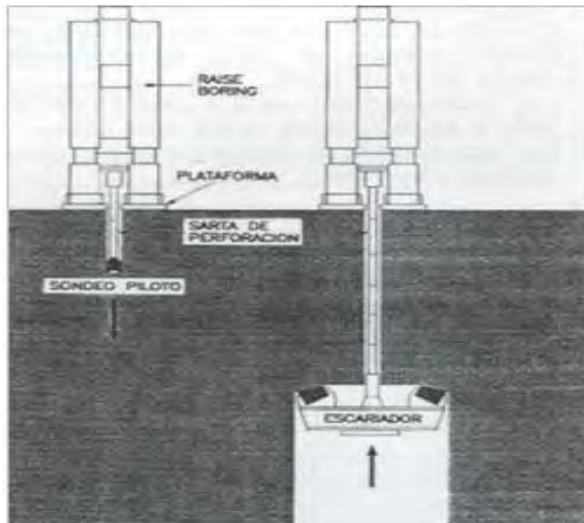
Seguridad: se reducen los peligros vinculados a la permanencia de trabajadores en zonas de excavación vertical.

Coste efectivo: se elimina la necesidad de trabajadores especializados en la perforación de pozos y chimeneas, con mayores ahorros a mayor extensión del avance.

Rapidez: Funcionamiento ininterrumpido que elimina tiempos muertos, produce superficies regulares y autosustentadas, sin alterar el macizo rocoso, no es necesario implementar sostenimiento. Asimismo, las superficies lisas disminuyen la resistencia al flujo de aire, favoreciendo una ventilación más eficiente.

2.2.4.2. Las desventajas con la perforación Raise Borer

Este método requiere una inversión inicial considerable y presenta un elevado costo de excavación por metro lineal. Además, ofrece una flexibilidad limitada debido a que las chimeneas presentan dimensiones y formas constantes, lo que impide modificar su dirección durante la ejecución. Asimismo, su aplicación puede verse dificultada en macizos rocosos con condiciones desfavorables, y demanda la participación de personal especializado, así como una adecuada preparación previa del área de trabajo.

Figura 5*Raise Borer Estándar***Fuente:** *Fernandez, (2015)*

2.2.5. Importancia de la Ventilación en Excavaciones Subterráneas

La regulación de la atmósfera en labores subterráneas constituye un aspecto clave de la actividad minera, debido a que repercute directamente en la salud del personal, incrementa la productividad minera al proporcionar condiciones ambientales más adecuadas y confortables para el trabajo humano, y contribuye significativamente a la seguridad integral de todas las actividades desarrolladas en la mina. Por ello, la ventilación debe garantizar condiciones ambientales seguras, abastecimiento de oxígeno, control de temperatura, reducción de polvo y evacuación de gases (voladuras, extracción, acarreo, trituración y reducción, etc. (Jimenez Ascanio, 2011)

2.2.6. Cálculo de Requerimiento de Aire en Interior Mina

2.2.6.1. Cálculo de Requerimiento de Aire para Personal

Según el D.S N° 034-2023-EM Y su modificatoria “Reglamento de seguridad y salud Ocupacional en Minería”, (2023): menciona “en el interior de la mina, sin importar el método de explotación subterránea, debe asegurarse un flujo continuo de aire limpio y fresco en condiciones apropiadas de calidad y volumen, considerando la cantidad de personal y el

conjunto de equipos diésel en funcionamiento, además de posibilitar la dilución de los gases existentes, asegurando un ambiente laboral con un nivel de oxígeno mínimo de 19,5 % y condiciones de temperatura apropiadas para un desempeño seguro”.

El caudal mínimo de aire para el personal es de 3 m³/min en labores mineras ubicadas a más de 1500 m s. n. m. El consumo de aire se establece El D.S. N.º 034-2023-EM (2023) establece que el cálculo del aire se efectúa según el artículo 247 del reglamento:

Modelo matemático: $Q_a = N \times q_a$

* Q_a : Cantidad total de aire requerido por el número de personas, en m³/min.

* N : Número máximo de personas trabajando en la labor.

* q_a : Cantidad de aire por persona de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar

*De > 4000 metros sobre el nivel del mar, se incrementa a 100% = 6.0 m³/min.

2.2.6.2. Cálculo de Requerimiento de Aire para Equipos Diesel

El caudal no será menor a 3 m³/min por HP de potencia diésel, según el artículo 254 del C.R.-D.S. N.º 034-2023-EM y su modificatoria (2016).

Modelo matemático: $Q_b = N \times q_e$

Donde:

* Q_b : Cantidad Total de Aire requerido por el uso de equipos Diesel, en m³/min.

* q_e : Cantidad Mínima de Aire por cada HP.

* N : Suma de los HP de equipos diésel.

2.2.6.3. Cálculo de Requerimiento de Aire uso de Explosivos

El artículo 248 del reglamento vigente establece velocidades de aire entre 20 y 250 m/min durante el desarrollo, preparación y explotación. Asimismo, En el uso de explosivos

ANFO u otros agentes, el flujo de aire debe mantenerse por encima de 25 m/min. Para realizar el cálculo correspondiente, se empleará la relación establecida con base en las disposiciones del artículo 248 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional.

Modelo matemático: $Q_b = A \times V_m \times N$ (m³/min)

Donde:

* Q_{ex} : Cantidad total de aire requerido para la dilución de polvos y gases.

*A: Área de sección promedio de las galerías y tajos (m²)

*V: Velocidad del aire, en (m/min)

*N: Número de niveles

El caudal de aire se utiliza principalmente para la dilución de polvos y gases generados en la realización de operaciones subterráneas; asimismo, contribuye a eliminar los gases producidos durante las voladuras, los cuales permanecen aproximadamente entre 0,5 y 1 hora, se requiere un caudal de 16,67 m³/min por kg de explosivo. Este valor considera la producción de gases tóxicos derivados de la voladura, el periodo estimado de ventilación de las galerías y los valores máximos permitidos de concentración de contaminantes conforme al marco regulatorio actual (C.R.-D.S. N.º 024-2016-EM y D.S. N.º 034-2023-EM, 2023). Asimismo, la circulación la circulación subterránea exige presión diferencial entre accesos y salidas, la cual puede originarse de manera natural por el gradiente térmico o ser generada artificialmente mediante sistemas mecánicos como dispositivos de ventilación (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2000).

2.2.6.4. Caudal requerido temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te}).

El Anexo 38 del D.S. N.º 034-2023-EM (2023) determina el caudal requerido según condiciones térmicas mineras

Modelo matemático: $Q_{te} = V_m \times A \times N$ (m³/min)

Donde:

Q_{te} = Caudal por temperatura (m³/min).

V_m = Velocidad mínima.

A = Área de la labor promedio.

N = Número de niveles con temperatura mayor a 24°C, en función de la escala señalada en el tercer párrafo del literal.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Chimenea; Apertura que puede ser vertical o con cierta inclinación, creada mediante métodos convencionales o utilizando técnicas mecanizadas. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

Explotación Racional; Se refiere a la explotación responsable y sostenible del yacimiento, realizando todas las actividades conforme al marco jurídico actual, buscando potenciar los beneficios económicos. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

Espacio confinado; Se refiere a un espacio limitado en tamaño con acceso restringido, que puede estar compuesto por maquinaria, tanques, tolvas o trabajos subterráneos, donde se presentan condiciones peligrosas como baja oxigenación o presencia de agentes tóxicos, lo que hace indispensable mediante permiso formal de trabajo riesgoso (PETAR) para su ingreso y trabajo). (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

Explosivos; Son sustancias químicas que se descomponen de manera rápida, liberando de forma inmediata una gran cantidad de gases a temperaturas elevadas y bajo alta

presión, lo que produce efectos de gran destrucción. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

Frente; Es la superficie perpendicular a las paredes, suelo y techo de una labor minera en sectores destinados a perforar y fragmentar con el fin de facilitar su progreso o expansión. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

Gases; Son gases o líquidos amorfos liberados por maquinaria carburante, detonantes y elementos naturales que ocupan áreas vacantes en su entorno. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

Gaseado; Es una expresión utilizada para señalar que una o más personas han estado expuestas a un gas cuya concentración supera los niveles permitidos por las normativas establecidas. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

Humos: Son material particulado suspendido derivado de combustiones deficientes.

Humos metálicos: material particulado sólido en el aire generado por la transición de una sustancia desde fase gaseosa a sólida mediante condensación.

Temperatura Efectiva; Es el valor que resulta de integrar tres variables: condiciones térmicas determinadas por calor, humedad y flujo aéreo. También se describe como el grado de frío o calor percibido. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

TGBHe: La Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo Externa (TGBH) incluye la medición de la temperatura causada por la radiación. Este índice es utilizado principalmente en ambientes al aire libre o en situaciones donde los trabajadores están expuestos directamente a la luz solar. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

TGBH: Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, índice que relaciona condiciones ambientales, radiación térmica y humedad. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023)

TBH: Corresponde a la lectura obtenida mediante un sensor cubierto con material húmedo, expuesto a circulación natural. (MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM, 2023).

2.4. MARCO CONTEXTUAL DE LA MINA

2.4.1. Método de minado-mina korymina

La técnica aplicada actualmente recibe el nombre de corte y relleno, empleando dos variantes específicas de técnicas de perforación conocidas como “breasting” y “realce”. Este procedimiento implica primero la construcción y acondicionamiento de la infraestructura minera necesaria, que conforme al diseño convencional incluye la excavación de dos galerías principales, una superior y otra inferior, ambas con dimensiones aproximadas de 2.5 metros por 2.5 metros. Para después instalar chimeneas de ventilación o accesos verticales dentro de la estructura mineralizada, distribuidas cada 50 metros a lo largo del frente minero. Sobre la galería inferior se ubica un subnivel con sección transversal de 1.5 metro por 1.5 metros cuyo propósito es formar un puente de mineral.

El minado del tajeo progresa desde el nivel inferior hacia arriba en sentido ascendente, mediante la aplicación de las técnicas de “breasting” y “realce”. En esta etapa se conserva un puente de mineral bajo galería superior de 2,5–3,0 m de altura, para estabilidad y seguridad.

La extracción mineral se organiza en paneles horizontales o verticales, con excavaciones de 2,5 a 3,0 metros de altura dependiendo de la técnica de perforación aplicada: en zonas con un índice RMR inferior a 41 se utiliza el método “breasting”, mientras que para áreas con un RMR superior a 40 se emplea el método “realce”. Tras la

fragmentación y retiro del mineral en el tajeo, se procede a llevar a cabo tareas complementarias indispensables, tales como el sostenimiento o refuerzo de las excavaciones, la limpieza del material extraído, La preparación del espacio destinado al relleno y, posteriormente, la colocación del material de relleno en los tajeos, para asegurar estabilidad y continuidad operativa segura.

El método vigente denominado “Corte y Relleno Ascendente” (C&FS) presenta una alta capacidad de adaptación ante la variabilidad según la disposición geológica del mineral en etapa exploratoria, preparación y explotación, comprendidas en el intervalo de niveles entre 4800 y 5200 metros de profundidad. Entre las ventajas principales atribuibles a la aplicación de este método se destaca una alta selectividad en el avance de minado, favoreciendo la sustracción dirigida del mineral y minimizando el impacto producido por las voladuras en los tajeos, especialmente en aquellas operaciones que emplean la técnica de explotación breasting.

No obstante, el método presenta limitaciones significativas, siendo una de las principales la gestión del relleno, la cual constituye una limitación debido tanto a las propiedades del material empleado como relleno, como a las condiciones en que este es colocado dentro de los tajeos, se identifican ineficiencias operativas relacionadas con el manejo del material producto del acarreo y transporte, debido a la gran longitud de las distancias implicadas y a la insuficiente infraestructura disponible que permita el retorno eficiente del material estéril, lo cual conlleva un incremento en los costos de relleno. Además, se constatan pérdidas relevantes de productividad por el elevado consumo de horas-hombre y horas-máquina, sumado a costos elevados en las labores de sostenimiento que deben ejecutarse en cada ciclo de explotación.

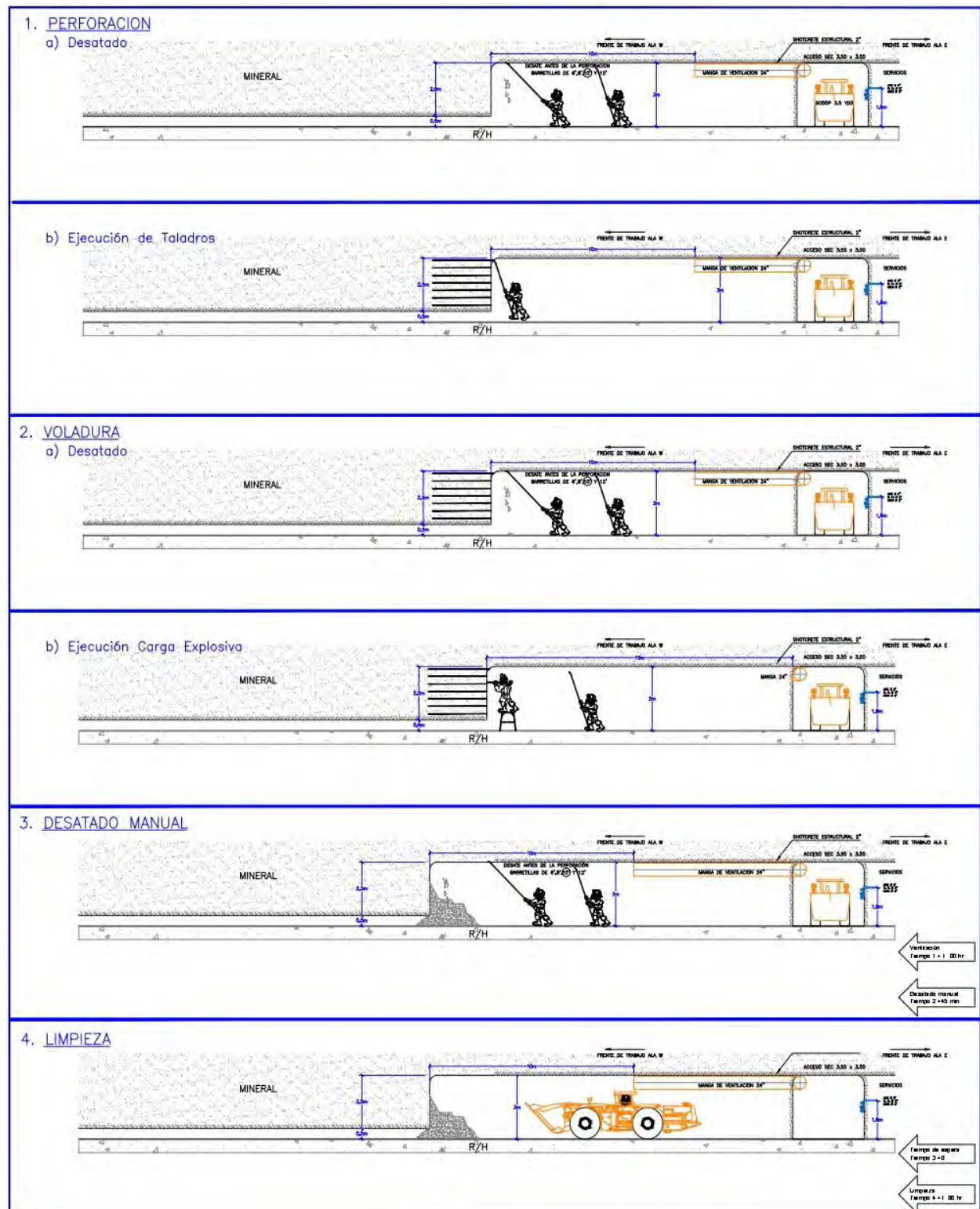
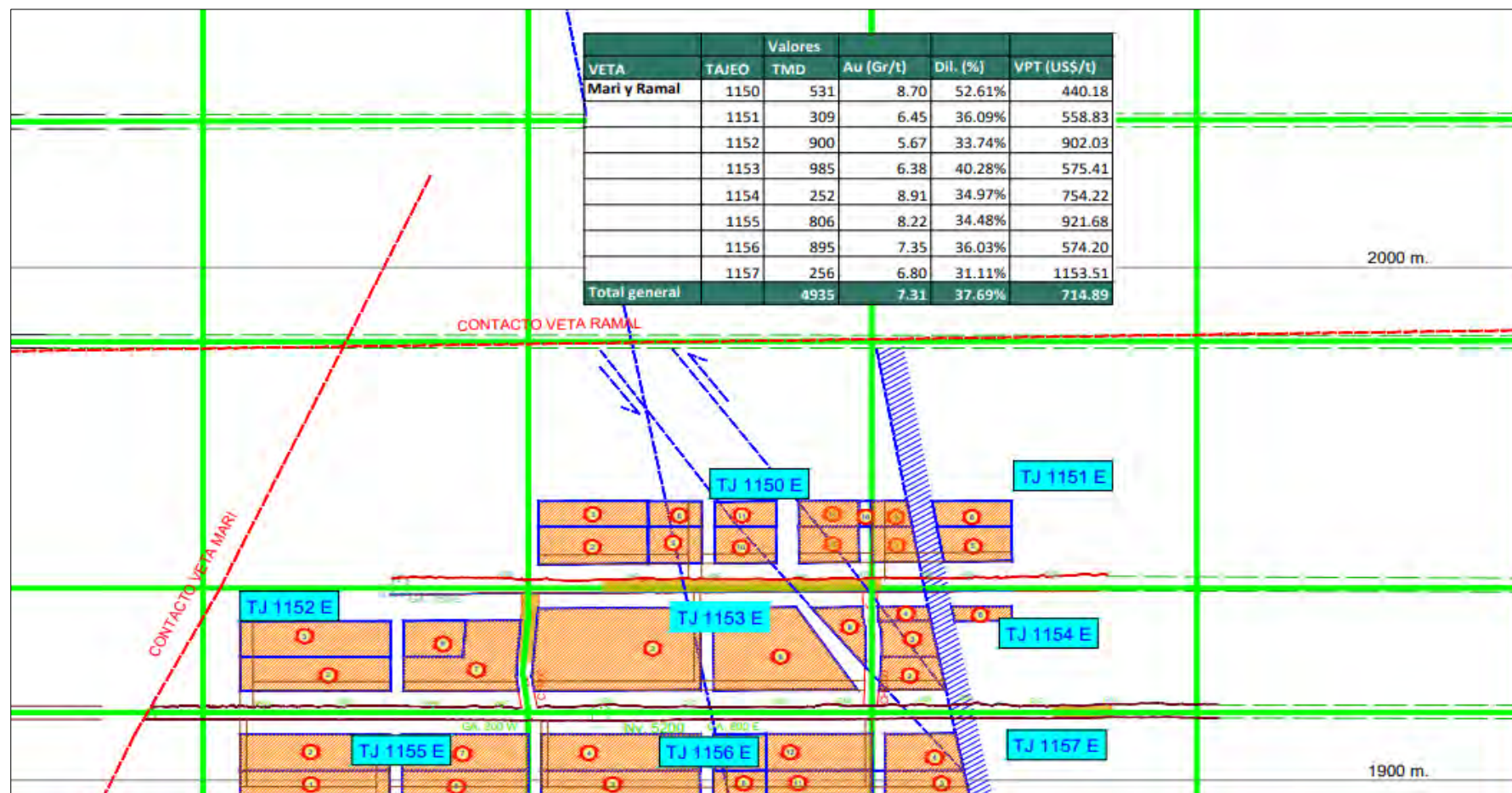
Figura 6*Ciclo de minado método de explotación corte relleno ascendente***Fuente:** Mina Korymina SAC

Figura 7*Método de minado corte relleno ascendente***Fuente:** Mina Korymina SAC

2.5. ESTÁNDARES DE MINADO

2.5.1. Ancho de explotación

La variación de esta dimensión está determinada, principalmente, por la disposición geométrica de los cuerpos mineralizados, presentando valores que varían entre 0.5 y 2.5 metros según el grosor o potencia de las vetas existentes. De igual manera, esta fluctuación se ve condicionada por el método de explotación aplicado, así como por las características y dimensiones particulares de los equipos, maquinaria y herramientas empleadas en las diversas etapas operativas, tales como la perforación, el desatado de roca, el sostenimiento y la colocación del material de relleno.

Figura 8

Ancho de explotación



Fuente: *Propia*

2.5.2. Altura de corte

La variabilidad en las dimensiones de perforación depende principalmente de la técnica utilizada, ya sea en modalidad Breasting o realce y características del equipo utilizado con el fin de ejecutar las labores de perforación. Sin embargo, también intervienen otros factores que condicionan esta variabilidad, como la calidad del macizo, características del sostenimiento, herramientas para retirar bloques inestables e instalación lumínica eléctrica en las zonas de trabajo, entre otros aspectos importantes.

2.5.3. Perforación y voladura

En la evaluación de los perfiles de excavación, específicamente en los bordes de las excavaciones observadas tras la voladura, se detectan daños significativos en la masa rocosa, manifestados como una disminución en el índice RMR y la presencia de sobre roturas. Estas condiciones adversas contribuyen a un incremento en la dilución del mineral, lo que afecta negativamente la ley del mineral extraído. Adicionalmente, se producen mayores demandas en los sistemas de sostenimiento, además de un incremento del riesgo relacionado con el desprendimiento de bloques de roca, lo que afecta la estabilidad y seguridad minera.

2.5.4. Rendimiento de equipos

En las operaciones relacionadas con la retiro mineral, relleno con estériles en cámaras y rendimiento productivo resulta ser considerablemente baja y presenta un rendimiento subóptimo. En contraste, cuando estas actividades se ejecutan empleando equipos mecanizados, tales como cargadores subterráneos (LHD), la productividad está influenciada por una serie de variables críticas, tomando en cuenta las dimensiones de las excavaciones, la capacidad de acceso y transporte, la disposición de los tajeos y la localización de relleno y zonas de acopio. Asimismo, otros factores operativos, como la ventilación en las zonas de trabajo, también influyen en el rendimiento global del proceso. En consecuencia, resulta

necesario efectuar un análisis detallado de tiempos y movimientos propio de la operación minera, con el fin de definir las distancias óptimas de acarreo y, de este modo, optimizar la eficiencia y disminuir los costos operativos de estas actividades.

Tabla 1

Rendimiento de equipos

Equipo	Modelo	Capacidad (ton/día)	Disponibilidad (%)	Utilización (%)	Horas Prod/Mes	Toneladas/Mes	Costo Operativo (\$/ton)	Eficiencia Técnica (%)	Vida Útil (años)
Perforador	Jack Leg	80.0	76.0	70.0	336	26,880	16.5	72	6
Perforador	Jack Leg	80.0	74.0	68.0	326	25,840	16.8	70	6
Perforador	Stoper	120.0	72.0	65.0	312	37,440	15.2	68	6
Perforador	Stoper	120.0	75.0	68.0	326	40,320	14.8	71	6
Scoop	Scooptram ST14	14.0	78.0	72.0	345	4,830	18.9	75	8
Scoop	Scooptram ST18	18.0	81.0	75.0	360	6,750	17.5	78	8
TeleTram 25T	TeleTram 25T	25.0	85.0	80.0	384	9,600	13.5	82	8
TeleTram 35T	TeleTram 35T	35.0	88.0	83.0	398	13,930	12.2	85	8
TOTAL/PROMEDIO		1299.20	81.90	75.70	363.10	37659.00	12.89	78.50	6.10

Fuente: *Mina Korymina SAC*

2.5.5. Valor económico del mineral

El valor del mineral extraído a través del procedimiento “Corte y Relleno Ascendente” se encuentra dentro de los parámetros aceptables, considerando la naturaleza selectiva de este método. La dilución promedio se estima entre un 12 y 20% cuando se emplea sircado; sin embargo, en ausencia de este procedimiento. Los porcentajes de dilución pueden llegar a superar el 100%. La dilución porcentual debe analizarse considerando las propiedades geomecánicas y configuración del socavón, factores que deben integrarse en los controles operativos para garantizar productividad y perfeccionamiento extractivo.

2.6. GEOMECÁNICA DE LA MINA

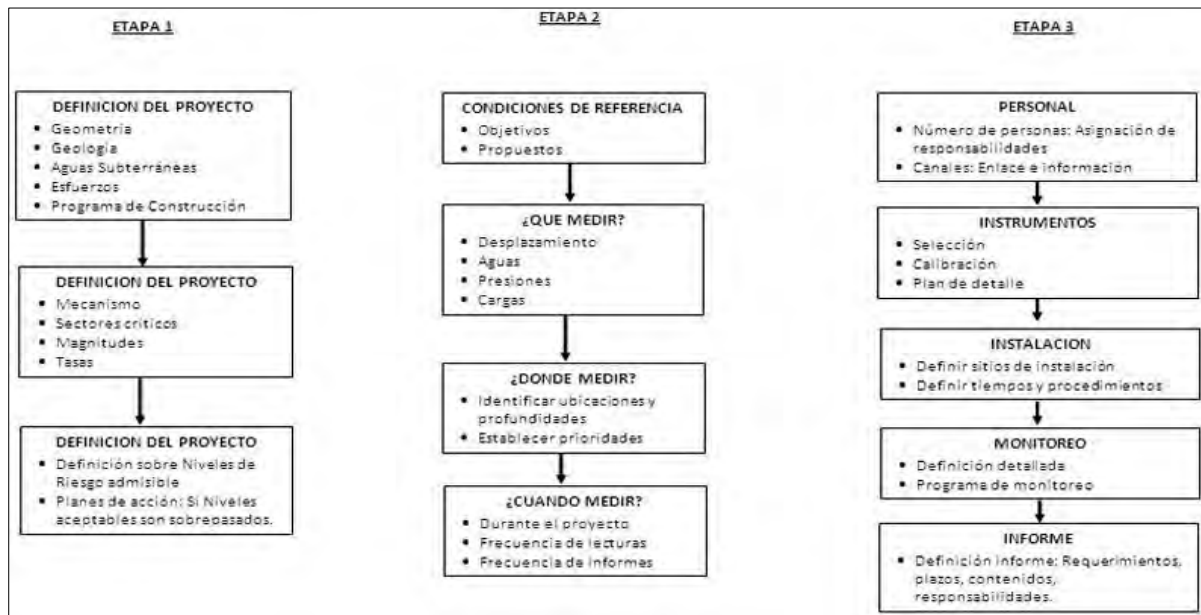
En la mina korymina de minas rinconada, las demandas de instrumentación geomecánica están orientadas a la medición, monitoreo y control de fenómenos naturales y aquellos inducidos por la actividad minera, tales como convergencias estructurales y

subsidiencias del macizo rocoso. Asimismo, se requiere efectuar mediciones rigurosas y seguimiento continuo del daño inducido por voladuras en la masa rocosa con el propósito de limitar las velocidades pico de partícula y seleccionar y optimizar el uso de explosivos y sus accesorios, Diseñados según las condiciones propias del macizo rocoso.

Asimismo, se resalta la garantía de calidad en la colocación de los distintos sistemas de sostenimiento, con el fin de garantizar su eficacia y operatividad a lo largo de toda la vida económica de las excavaciones subterráneas, garantizando así la estabilidad estructural y seguridad operativa las observaciones efectuadas en campo, la instrumentación geomecánica implementada en la mina korymina resulta adecuada y pertinente para cubrir los requerimientos de supervisión bajo el escenario operativo vigente. No obstante, se identifican ciertos aspectos complementarios que deben ser incorporados para optimizar la supervisión, con el fin de validar eficazmente el comportamiento dinámico presente en las masas rocosas adyacentes a las estructuras mineralizadas bajo explotación.

Cuadro 3

Esquema de evaluación geomecánica



Fuente: Mina Korymina SAC

La estimación de la capacidad mecánica del macizo y sus planos de fractura estructurales, se emplean herramientas especializadas como martillo de rebote, picota de geólogo, perfilómetro y tablero inclinable. Asimismo, se realiza un registro detallado del comportamiento geomecánico de los núcleos rocosos obtenidos mediante perforación diamantina en el subsuelo minero. El desarrollo de este estudio se sustenta en la realización de investigaciones tanto de campo como de laboratorio. La información recabada a partir de estas investigaciones ha sido sometida a procesos de tratamiento, análisis e interpretación. Entre estos se incluyen la evaluación conceptual de los sistemas de extracción, el diseño geomecánico de labores subterráneas y formaciones naturales en roca, como puentes y pilares, mediante aproximaciones empíricas; el análisis de estabilidad utilizando métodos basados en el equilibrio límite; la evaluación de los sistemas de sostenimiento; y la identificación de los requerimientos para la instrumentación geomecánica complementaria que permitan un monitoreo y control adecuados de la geomecánica en la mina.

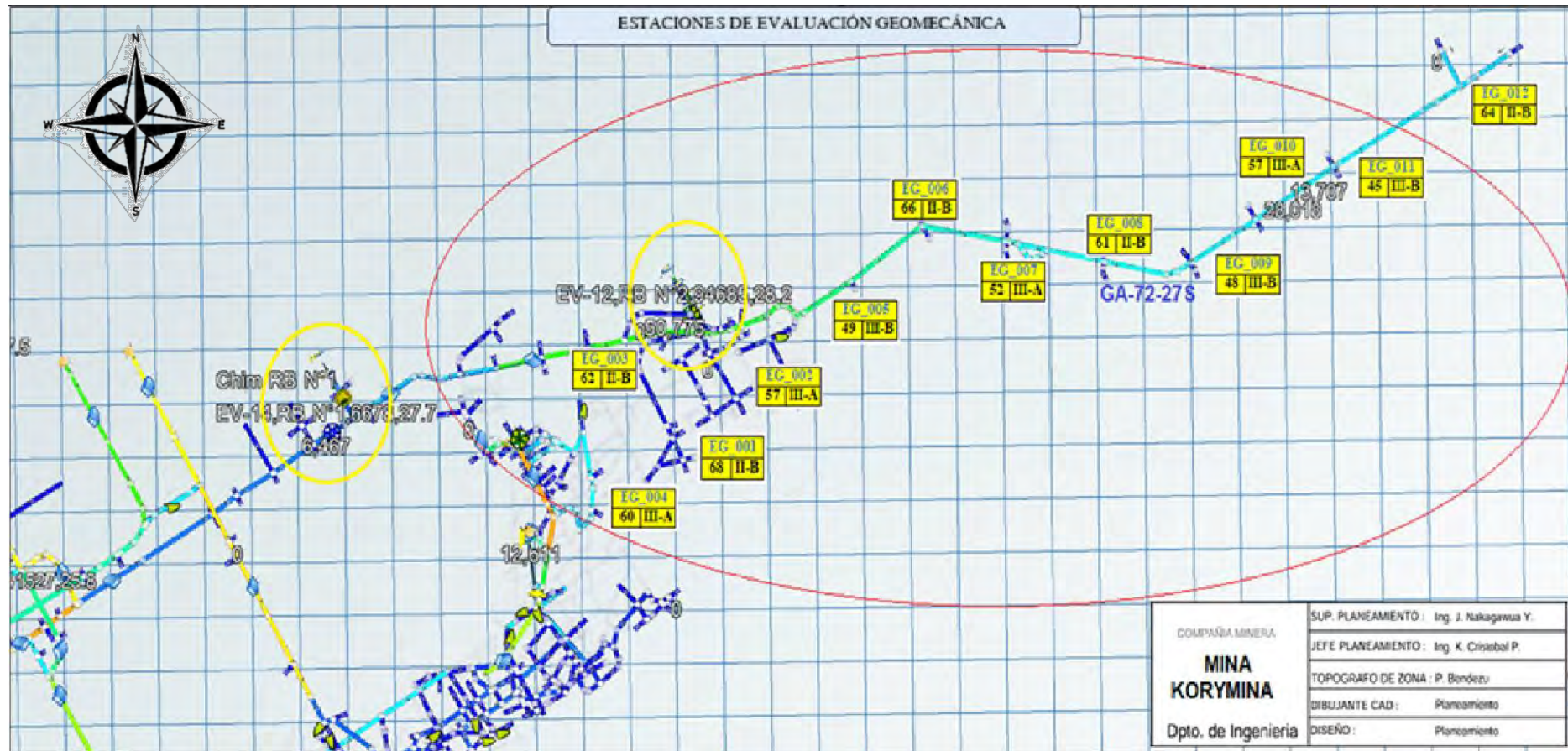
Tabla 2. Reporte de mapeo geomecánico

REPORTE GEOMECAÁNICO									
PROGRESIVA		5+100	a	5+150	metros				
Mina		Korymina SAC			Fecha	15-Ene-25			
Nivel		4800			Profundidad	650	m		
Labor		TJ 1150E			Tipo de roca	MINERAL			
UBICACIÓN:					Dominio estructural				
					Rc / Sv	6.27			
SISTEMA RMR									
PARÁMETROS					RANGO		VALOR		
Resistencia a la compresión uniaxial					110	MPa	12		
RQD					88	%	13		
Espaciamiento de discontinuidades					200 - 600	mm	8		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES									
Familia	Buz. /D. Buz	f/m	Persistencia	CONDICIONES	3 - 10	m	2		
1		3	Abertura		0.1 - 1	mm	4		
2		3	Rugosidad		MR		6		
			Relleno		D>5MM	mm	2		
			Alteración		Mod. Int.		5		
Agua subterránea					Mojado		10		
Orientación					Regular		-5		
					RMR ₈₉ =		57		
Condiciones secas					RMR' ₈₉ =		62		
SISTEMA Q									
PARAMETROS					RANGO		VALOR		
RQD %				RQD	74	%	74		
Número de discontinuidades				Jn	2f y algunas juntas		6		
Número de rugosidad				Jr	Juntas discontinuas		4		
Número de alteración				Ja	Blando 0.5 - 1		mm	2	
Número de agua subterránea				Jw	Húmeda		1		
Factor de reducción de esfuerzos				SRF			3		
Q = (RQD/J _n) x (J _r / J _a) x (J _w / SRF)							Q =	8.22	
Q' = (RQD/J _n) x (J _r / J _a)							Q' =	24.67	
RMR = 9 Ln Q + 44		63							
RMR' = 9 Ln Q' + 44		73							
INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA					GSI = RMR' ₈₉ - 5 =		57		
TABLA GEOMECAÁNICA (GSI),					RMR		Q	GSI	
					62		57	F/R	

Fuente: Mina Korymina SAC

Figura 9

Ubicación de estaciones de evaluación geomecánica en las labores mineras



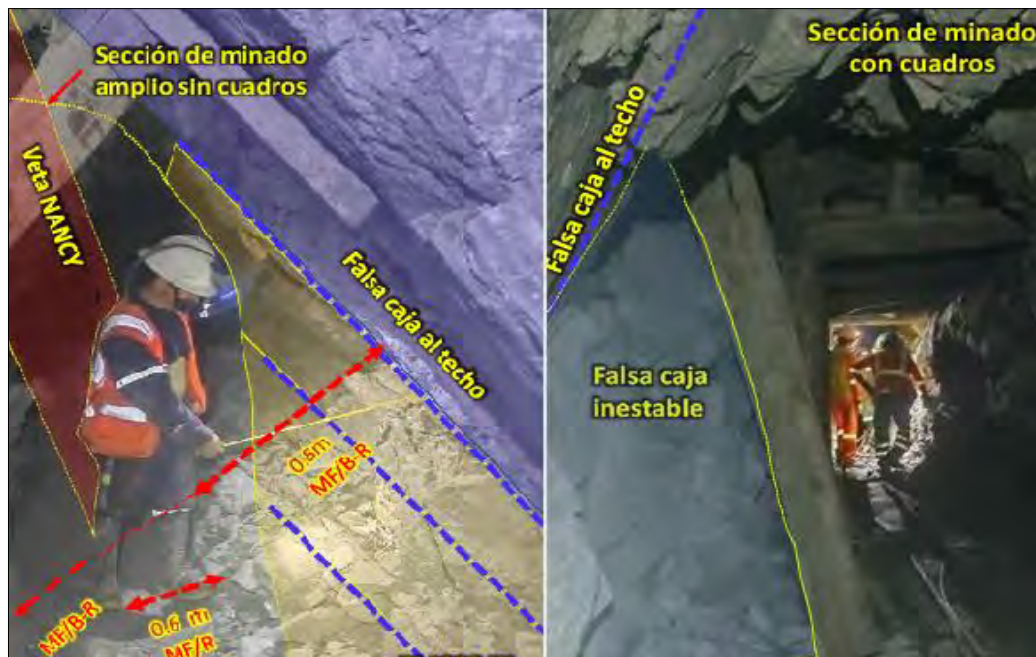
Fuente: Mina Korymina SAC

2.6.1. Aspectos litológicos

La explotación subterránea en las vetas y mantos de mineral denominadas “Tensionales, Escondida, Esperanza, Teresa y Veta Conformada ramal y mari”, ubicadas entre los niveles 4800 y 5200, se desarrolla completamente en un entorno geológico compuesto por rocas metamórficas. La mineralización aurífera en esta zona está estrechamente ligada a mantos de cuarzo ahumado, una variedad de cuarzo que presenta un característico color gris azulado a gris marrón. En estos mantos se encuentran incluidos minerales sulfurados, tales como pirita y calcopirita, mientras que el oro nativo está disperso principalmente en las fracturas de la roca y también se muestra como diseminado en la roca encajante que hospeda los mantos mineralizados.

Figura 10.

Litología y zonificación



Fuente: *Elaboración Propia*

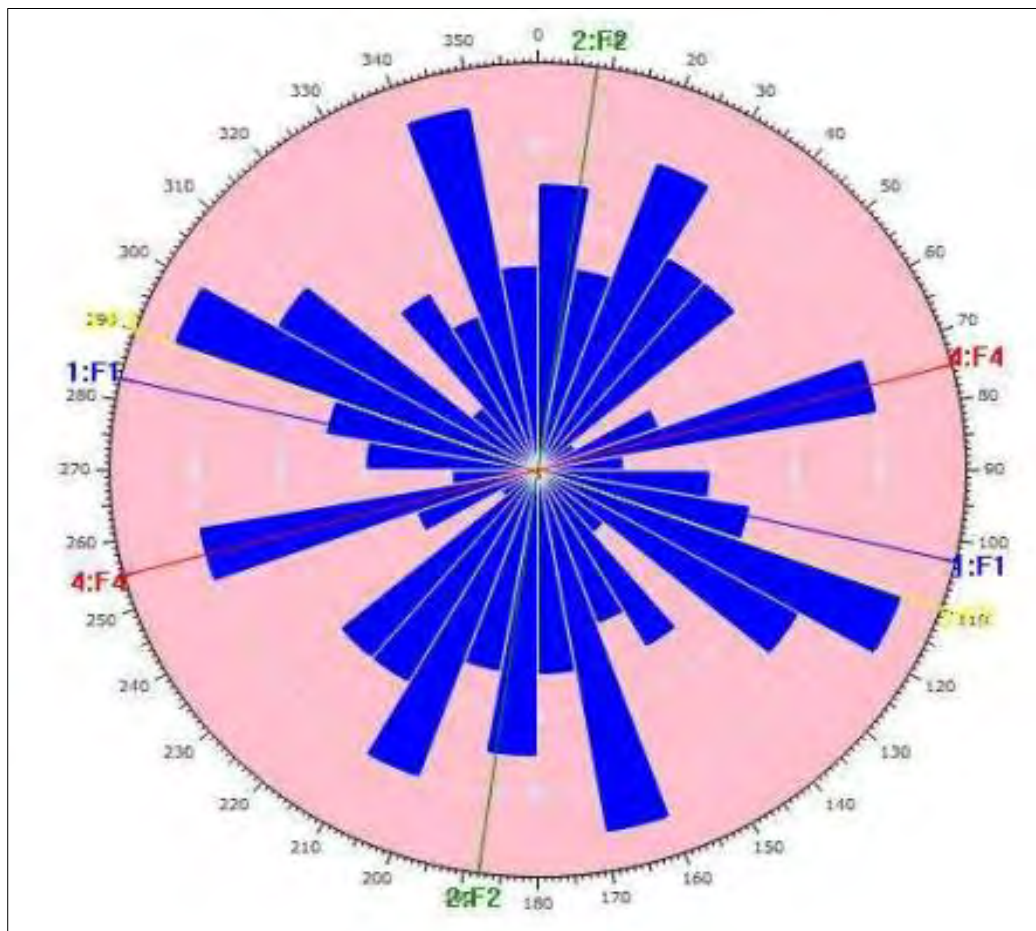
2.6.2. Distribución de discontinuidades

Los datos estructurales relativos a diaclasas y fallas se muestran en la proyección estereográfica. Los resultados evidencian la presencia de cuatro sistemas principales de

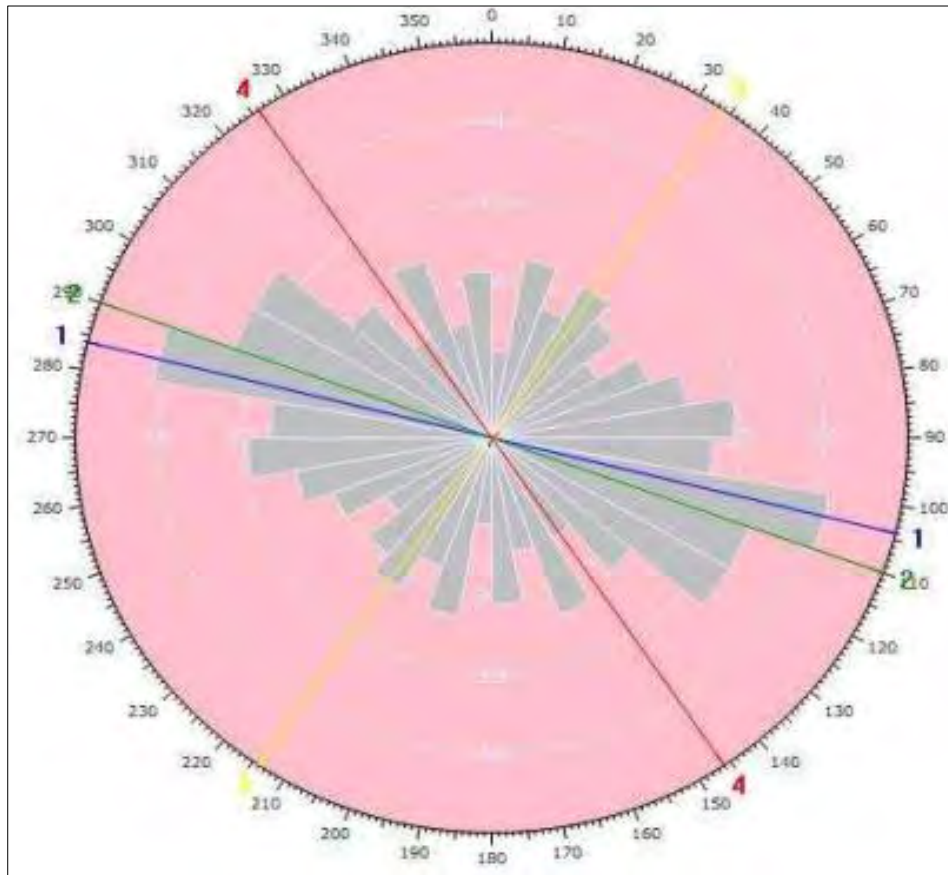
diaclasas denominados “Diaclasas 1, 2 y 3”, así como cuatro sistemas principales de fallas identificados como “Fallas 1, 2 y 3”. Esta caracterización estructural de los sistemas discontinuos fundamentales servirá como base para la estimación de la orientación conceptual del tensor de esfuerzos previos a la excavación y del análisis de estabilidad controlada por la estructura geomecánica.

Figura 11

diagrama estereográfico de fallas



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 12*Diagrama estereográfico de diaclasas***Fuente:** *Mina korymina S.A.C*

2.6.3. Clasificación geomecánica

El análisis estructural del macizo se desarrolla mediante el método RMR89 de Bieniawski, modificada según Romana 2000 para los propósitos del presente estudio, evidencian una variabilidad en los rangos de calidad del macizo rocoso. Estas diferencias en la calidad se relacionan principalmente con el grado de fracturamiento, los procesos de meteorización y las clases de modificación mineralógica existentes en el área evaluada.

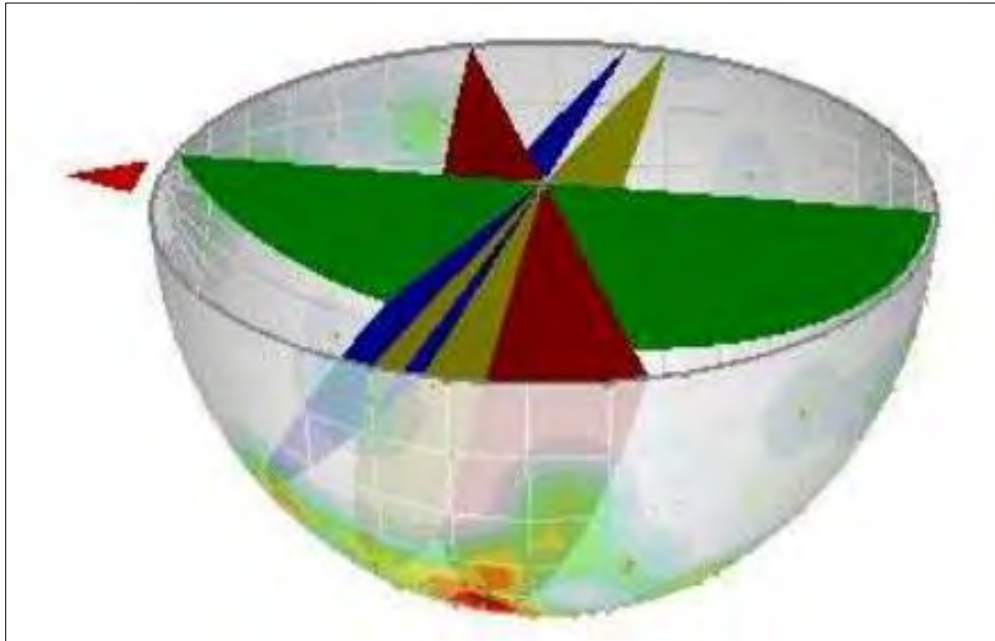
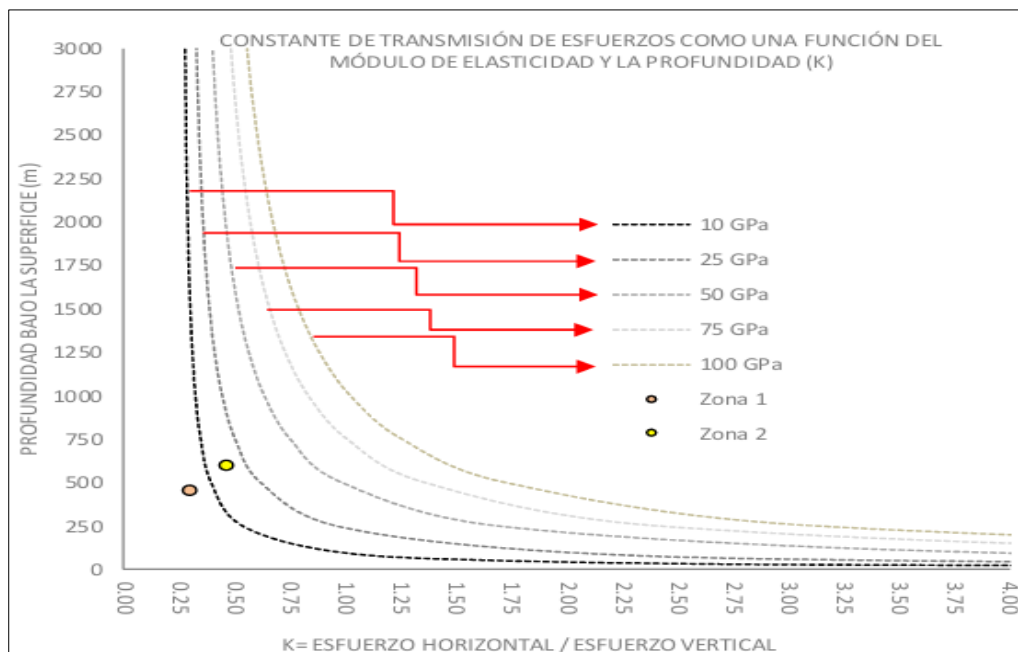
2.6.4. Zonificación geomecánica

La zonificación geomecánica se define como el proceso de segmentar la masa rocosa en diferentes dominios geomecánicos homogéneos, a los cuales se les asignan propiedades

específicas de resistencia. Este procedimiento tiene como finalidad principal la elaboración de un modelo geomecánico conceptual, basado en determinados supuestos y restricciones que provienen de la información básica recolectada a través de evaluaciones directas y análisis laboratoriales. La información resultante, que incluyen datos provenientes del mapeo geomecánico de las excavaciones, el registro geomecánico de los testigos obtenidos en sondajes diamantinos y los ensayos correspondientes, tanto de campo como de laboratorio.

2.6.5. Estado tensional

El conocimiento de los esfuerzos preminado en magnitud y dirección constituye un aspecto esencial en los estudios geomecánicos, debido a su influencia directa en la evaluación de la estabilidad en condiciones de carga. Para ello, se emplearon los criterios teóricos propuestos por Sheorey y Anderson, con el fin de determinar la constante de transmisión de esfuerzos (K) y establecer la orientación del tensor de esfuerzos preminado. Estos parámetros estimados se consideran datos válidos para los propósitos del presente estudio.

Figura 13*Diagrama estereográfico de esfuerzos principales***Fuente:** Mina Korymina S.A.C**Figura 14***Transmisión de esfuerzos***Fuente:** Mina Korymina S.A.C

2.7. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN EN MINA KORYMINA

2.7.1. Condiciones geomecánicas

En la mina Korymina, la calidad del macizo rocoso en las vetas presenta variabilidad desde buena hasta mala, con valores del índice RMR que oscilan entre 21 y 60. En cuanto a las zonas correspondientes a las cajas pisos-techo, la masa rocosa presenta variación significativa de calidad, con rangos que van de buena a muy mala, con índices RMR entre 21 y 40. Esta clasificación refleja la heterogeneidad geomecánica del macizo y es fundamental para la evaluación y diseño de labores subterráneas.

2.7.2. Distribución del mineral

De acuerdo con el modelo geológico conceptual presentado por la mina korymina, la morfología de las estructuras mineralizadas y la distribución de sus contenidos metálicos evidencian que las vetas presentan un buzamiento variable entre 35° y 80° así mismo presentan mantos de cuerpo mineralizado. La distribución de las leyes minerales es intermedia, con extensiones horizontales y verticales variables. A escala del modelo geológico local, las vetas presentan geometrías tabulares e irregulares, con estructuras tipo “clavos”, lo cual resulta relevante para su diseño. El espesor de la mineralización fluctúa entre 0.01 y 0.25 metros. Los contactos inferior y superior de las estructuras mineralizadas presentan fallas paralelas al rumbo de las vetas, funcionando como paredes de falsas cajas que delimitan dichas estructuras.

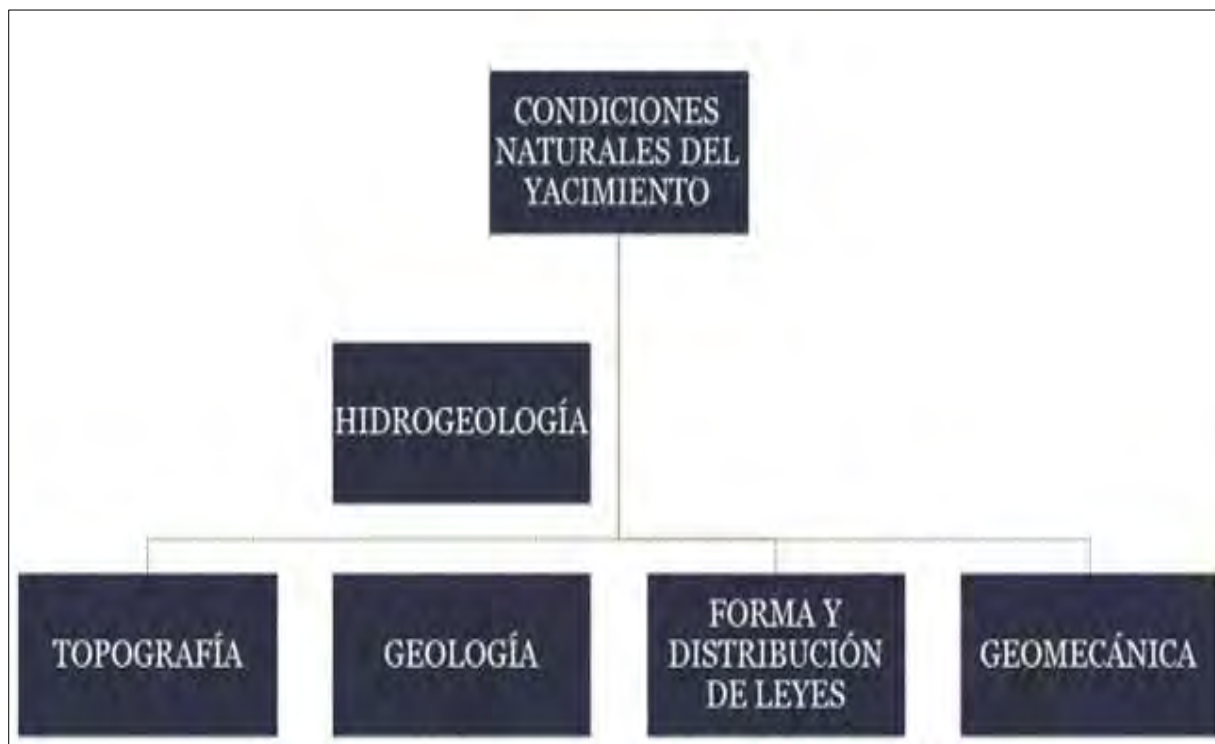
2.7.3. Condición hidrogeológica

La condición hidrogeológica adversa incrementa la infiltración y el ingreso considerable de agua a las labores mineras, comprometiendo la estabilidad estructural y la operatividad del proyecto. Asimismo, las formaciones rocosas exhiben alteraciones mineralógicas que incluyen cuarzo-sericita, cloritas, óxidos, hidróxidos, sulfatos y arcillas,

los cuales funcionan como materiales de relleno en las fallas localizadas en los pisos y techos de las vetas. Respecto al agua subterránea, se observó que su presencia no es uniforme en los niveles evaluados. Algunas zonas presentan condiciones húmedas o mojadas y presiones hidráulicas bajas, mientras que en determinados sectores se evidencia goteo y flujo ligero. Este comportamiento estaría relacionado principalmente con procesos de compartimentalización hidráulica, debido a que no se identifica un nivel freático claramente definido.

2.7.4. Método de minado en Korymina

La evaluación de los factores naturales presentes en las vetas y su entorno permite conocer las condiciones que deben considerarse para la planificación de la explotación minera. Para este análisis se toman en cuenta los perfiles longitudinales de las estructuras mineralizadas y las secciones geomecánicas transversales a su rumbo, debido a que permiten reconocer sus principales características y comportamiento. Para la valoración numérica se utiliza el modelo Selector Minero UBC, desarrollado por Miller-Tait, Pakalnis y Poulin (1995). Mediante esta metodología se evalúan las condiciones naturales del yacimiento y se identifican, de manera preliminar, los métodos de explotación que presentan mayor correspondencia con las características de Korymina. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas correspondientes y sirven como sustento técnico para la selección del sistema de explotación minera más adecuado.

Cuadro 4*Estructura de selección de minado***Fuente:** *Mina Korymina S.A.C***Tabla 3***Valoración y selección del método de minado Veta Conformada*

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	VALORIZACION DE LA GEOMETRIA Y DIST. DE VALORES DEL MINERAL					CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS RELEVANTES						Valoración final del método
						RMR			RESISTENCIA A LA COMPRESION			
	Forma	Buzamiento	Potencia	Dist. leyes	Profundidad				Mineral	Techo	Piso	
Longwall	4	0	4	1	2	6	4	0	5	2	0	28
Shrinkage Stopping	4	0	4	2	3	1	2	2	1	3	3	25
Cut and Fill	4	3	3	3	3	1	4	2	1	4	3	31

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

Tabla 4*Valoración y selección del método de minado veta ramal y mari*

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	VALORACIÓN DE LA GEOMETRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE VALORES DEL MINERAL					CARACTERÍSTICAS GEOMECANICAS RELEVANTES						VALORACIÓN FINAL DEL MÉTODO
						RMR			RESISTENCIA A LA COMRESION			
	Forma	Buzamiento	Potencia	Dist. leyes	Profundidad	Mineral	Techo	Piso	Mineral	Techo	Piso	
Sublevel Stopping	4	4	-10	4	4	4	3	2	2	4	1	22
Shrinkage Stopping	4	4	4	2	3	3	2	2	1	3	2	30
Cut and Fill	4	4	3	3	3	2	4	2	1	4	3	33

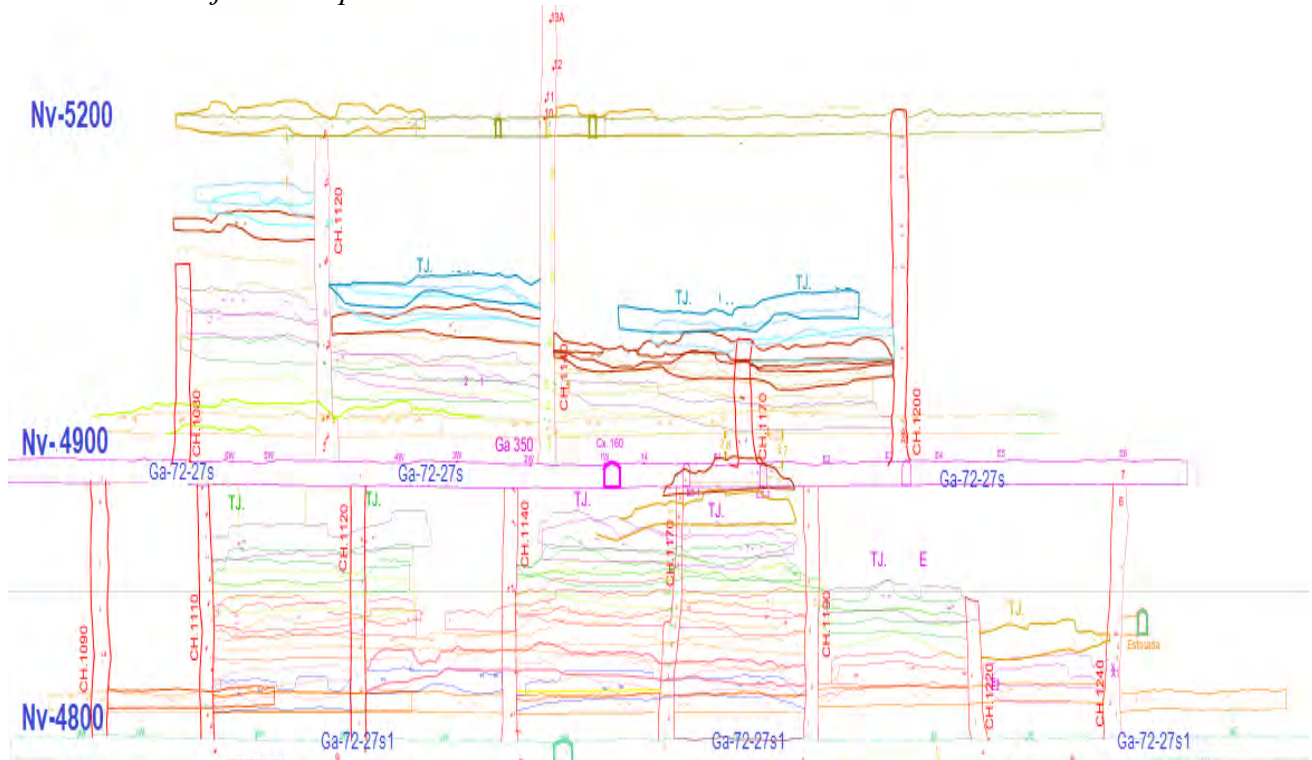
Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

Los resultados presentados en la tabla corresponden a la elección de técnicas extractivas adecuadas para vetas ramales, mari y veta conformada respectivamente, estructuras mineralizadas que son explotadas en mina korymina. Es importante destacar que la selección del método óptimo en la mina Korymina debe basarse en una evaluación integral, sustentada en factores económicos como la recuperación del mineral, el porcentaje de dilución y su valor, los costos vinculados a la explotación,

Evolución del valor monetario en el tiempo y análisis de cambios en precios. La evaluación precisa permitirá establecer el método de extracción más óptimo del yacimiento, asegurando la viabilidad técnica y económica del proyecto minero.

Figura 15

Diseño de los tajeos de explotación



Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

2.7.5. Costo de explotación unitario en Tajeos

Para determinar los costos de explotación en \$/TM se han realizado los cálculos que se muestran en las tablas, estos datos técnicos fueron recopilados del área operativa de la mina Korymina SAC.

Tabla 5*Datos técnicos Mina Korymina*

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN CORTE RELLENO ASCENDENTE		
Ancho de Labor	2.00	m
Largo de Labor	2.00	m
Densidad mineral	2.9	TM/m ³
Tipo de Roca - RMR	III-A Regular	
Material	Mineral	
Distribución de Taladros	N° Tal	N° Cartuc.
Tal. Producción	8	
Tal. Alivio	1	
Tal. Cuadradores	6	
Tal. Corona	4	
Distancia entre taladros (E)		
Tipos de rocas	Distancia	(E) promedio
Rocas tenaces	0.4-0.55	0.48
Rocas intermedias	0.6-0.65	0.63
Rocas friables	0.7-0.75	0.73
Factor de roca (K)		
Tipos de rocas	K	K Promedio
Rocas duras	2.0 a 2.25	2.13
Rocas intermedias	1.5 a 1.7	1.6
Rocas friables	1.0 a 1.2	1.1

Fuente: *Mina Korymina S.A.C****Cálculo del número de taladros:**

$$P = 4 \text{ raíz } (3.67) = 7.66$$

$$S = 2.00 \times 2.00 \times 11/12 = 3.67$$

$$NT = P/E + K \cdot S = 7.66/0.63 + 1.60 \times 3.67 = 18.59 = \mathbf{19 \text{ taladros}}$$

Donde:

P: perímetro

E: espaciamiento entre taladros

K: factor de roca

S: Sección de labor

Tabla 6*Parámetro de perforación y voladura*

Parámetros de Voladura y perforación		
Descripción	Cantidad	Unidad
*N° de Taladros perforados	19	Tal
*Total Taladros Cargados	18	Tal
*Total Cartuchos	133.8	und
*cartuchos por taladro	7.435	Cartuchos
*Longitud de barreno	6	Pies
*Longitud de Taladro	1.83	m
*Eficiencia de perforación	90.00%	%
*Longitud efectiva de perforación	1.65	m
*Eficiencia de voladura	95.00%	%
*Avance Efectivo	1.56	m/disparo
*% de Esponjamiento	45.00%	%
*Volumen in Situ	6.24	m ³
*Volumen Roto	9.05	m ³
*Tonelaje a remover	18.10	Tn
*Peso emulsión por cartucho (7/8" x 7")	0.111	kg
*Peso emulsión por disparo	14.86	kg
*Factor de Potencia	0.82	kg/Ton

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Cálculos:

$$*\text{Cartuchos/taladro} = (1.65 \text{ m} - 0.5 * 0.65 \text{ m}) / 7'' \times 0.0254 \text{ m} = 7.43 \text{ car/tal}$$

$$*\text{Factor de potencia} = 14.86 \text{ kg} / 18.10 \text{ Tn} = 0.82 \text{ kg/Tn}$$

$$*\text{Factor de carga} = 14.86 \text{ kg} / 9.05 \text{ m}^3 = 1.64 \text{ kg/m}^3$$

$$*\text{Avance efectivo} = 6 \text{ ft} \times 0.3048 \text{ m} \times 0.90 \times 0.95 = 1.56 \text{ m/disparo}$$

$$*\text{Longitud de taladro} = 6 \text{ ft} \times 0.3048 \text{ m} \times 0.90 = 1.65 \text{ m}$$

Cálculo de costo unitario en tajeos de 2.00 m x 2.00 m método de minado corte y relleno ascendente.

Tabla 7

Análisis de costos unitarios de explotación

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE EXPLOTACION							N°	
PARTIDA:	Costo de Explotación/m3						Taladros:	19 uni
EQUIPOS:	Perforadora Yac Leg- Scooptram						Avance:	1.56 m
							M3 x	
							Disparo	6.24 m3
							Avan. Gdia	6.24 m3/Gdia
ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	TOTAL
							US\$	US\$/M3
1.-	IMPLE. DE SEGURIDAD							
	Personal Operativo Normal	3.00	Tarea	1.00	2.17	US\$/Tarea	6.52	
	Personal Operativo en Agua	2.00	Tarea	1.00	3.15	US\$/Tarea	6.31	
	Sub total Implementos de Seguridad						12.82	2.06
2.-	MANO DE OBRA							
	Perforista-Operador Scoop	1.00	Tarea	1.00	51.69	US\$/Tarea	51.69	
	Ayud. Perforista	1.00	Tarea	1.00	34.46	US\$/Tarea	34.46	
	Sub total Mano de Obra						86.15	13.81
3.-	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Barreno Integral de 6'	0.08	uni	1.00	114.29	US\$/uni	8.69	
	Manguera de 1"	0.01	m	30.00	3.57	US\$/mt	0.89	
	Manguera de 1/2"	0.01	m	30.00	1.79	US\$/mt	0.45	
	Conexiones	0.01	uni	4.00	9.82	US\$/uni	0.22	
	Aceite	0.18	gl	1.00	7.14	US\$/gl	1.28	
	Herramientas	1.00	Tarea	1.00	1.18	US\$/Tarea	1.18	
	Sub total Materiales y Herramientas						12.71	2.04
4.-	EQUIPOS							
	Perforadora Jack Leg	1.00	pp	97.24	0.14	US\$/pp	13.89	
	Repuestos de lámpara	1.00	Tarea	3.00	0.36	US\$/Tarea	1.08	
	Scooptram	1.00	Tarea	0.88	50.00	US\$/Hora	43.78	
	Bomba sumergible	0.50	Tarea	6.00	0.45	US\$/Hr	1.35	
	Ventilador 30,000 CFM	0.50	Tarea	6.00	1.04	US\$/Hr	3.13	
	Compresora diésel 900 CFM	0.50	Tarea	6.00	13.96	US\$/Hr	41.89	
	Grupo electrógeno 200 Kw	0.50	Tarea	6.00	13.32	US\$/Hr	39.97	
	Sub total de Equipos						143.27	22.96
5.-	EXPLOSIVOS							
	Emulsión 7/8"x7"	1.00	uni	133.84	0.32	US\$/uni	42.83	
	Carmex de 8'	1.00	uni	18.00	0.78	US\$/uni	14.04	
	Ignito cord	1.00	uni	8.00	0.47	US\$/m	3.76	
	Sub total de Explosivos						60.63	9.72
6.-	SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS (M. O+ EPPs + Materiales y Herramientas + Equipos + Explosivos)						315.58	50.57
7.-	COSTOS INDIRECTOS							
	Contingencias		%	10%		US\$	31.56	
	Gastos Generales		%	30%		US\$	94.67	
	SUB-TOTAL COSTOS INDIRECTOS (Contingencias+GG)						126.23	20.23
	TOTAL, COSTO x TONELADA METRICA EN DOLARES (US\$/M3)							70.80
	TOTAL, COSTO x TONELADA METRICA EN DOLARES (US\$/TM)							24.41

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Tabla 8*Análisis de costos unitarios instalación de puntales*

INSTALACION DE PUNTALES DE MADERA							
PARTIDA:							
INCLUYE:	TRASLADO DE MADERA				AVANCE:	4.00	
ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/PUNTAL
1.- MANO DE OBRA							
	Maestro Enmaderador	1.00	Tarea	1.00	51.69 US\$/Tarea	51.69	
	Ayud. Enmaderador	1.00	Tarea	1.00	45.95 US\$/Tarea	45.95	
Sub total Mano de Obra						97.64	24.41
2.- IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
	Personal Operativo Normal	2.00	Tarea	1.00	2.17 US\$/Tarea	4.35	
	Personal Operativo en Agua	2.00	Tarea	1.00	3.15 US\$/Tarea	6.31	
Sub total Implementos de Seguridad						10.65	2.66
3.- MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas	1.00	Tarea	1.00	1.48 US\$/Tarea	1.48	
	Puntal	1.00	Unid	1.00	10.00 US\$/Unid	10.00	
Sub total Materiales y Herramientas						11.48	2.87
4.- EQUIPOS							
	Repuestos de lámpara	2.00	Tarea	2.00	0.07 US\$/Tarea	0.27	
Sub total Equipos						0.27	0.07
5.- SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS						120.03	30.01
6.- COSTOS INDIRECTOS							
	Contingencias		%	10%	US\$	12.00	
	Gastos Generales		%	30%	US\$	36.01	
Sub total Equipos						48.01	12.00
TOTAL, COSTO POR PUNTAL COLOCADO EN DOLARES (US\$/PUNTAL)							42.01
TOTAL, COSTO POR TONELADA METRICA (US\$/TM)							0.81

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

Tabla 9

Análisis de costos unitarios extracción de mineral

COSTO DE EXTRACION DE MINERAL HACIA PLANTA							
PARTIDA:	Transporte de mineral						
SECCION:	Mina operaciones			AVANCE:	57.60	M3	
ITEM	DESCRIPCION	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/ML
1.-	MANO DE OBRA						
	OperadorTeletran	1.00	Tarea	1.00	30.00 US\$/Tarea	30.00	
	Ayudante	1.00	Tarea	1.00	43.08 US\$/Tarea	43.08	
Sub total Mano de Obra						73.08	1.27
2.-	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
	Personal Operativo Normal	2.00	Tarea	1.00	2.17 US\$/Tarea	4.35	
Sub total Implementos de Seguridad						4.35	0.075
3.-	MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
	Herramientas	1.00	Tarea	1.00	1.00 US\$/Tarea	1.00	
Sub total Materiales y Herramientas						1.00	0.017
4.-	EQUIPOS						
	Lámpara de Batería	2.00	Tarea	2.00	0.36 US\$/Tarea	1.44	
	Teletran de 8 m3	1.00	Tarea	4.00	40.00 US\$/Hr	160.00	
Sub total de Equipos						161.44	2.80
5.-	SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS					239.86	4.16
6.-	COSTOS INDIRECTOS						
	Contingencias		%	10.0%	US\$	23.99	0.42
	Gastos Generales		%	30.0%	US\$	71.96	1.25
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS						95.94	1.67
TOTAL, COSTO EXTRACCION CON TELETRAM DE 8 m3 (US/M3)							5.83
Datos Técnicos							
	Longitud máxima de traslado			1,000	m		
	Velocidad promedio			15.00	Km/hora		
	Capacidad neta			8.00	m3		
	Rendimiento máximo			4.00	Viajes/turno		
	Grado de dificultad por derrumbe + esperas			0.90			
	Rendimiento máximo			57.60	TM/Tarea		

Fuente: Mina Korymina S.A.C

2.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

2.8.1. Horizonte de inversión

Hace referencia al lapso durante el cual se planifica mantener una inversión en un proyecto minero antes de esperar obtener beneficios o resultados relevantes. En otras palabras, corresponde al período en el que se asignan recursos en las etapas de prospección, preparación y extracción de una mina de oro previo a la recuperación del capital invertido o la generación de ganancias. Este periodo está relacionado con la duración total del proyecto minero, la cual puede incluir etapas como la exploración, construcción, producción y cierre.

Tabla 10

Horizonte de producción

DATOS TÉCNICOS	VALOR	UNIDAD
Reservas de mineral probado conformada	26,800	TM
Producción diaria	60	TMD
Producción mensual	1,800	TM / mes
Días operación / año	30	días / mes
Meses de explotación	14.88888889	meses

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Cálculos:

$$Vida\ Util\ (años) = \frac{26,800\ tm\ de\ mineral\ probado}{60 \frac{Tm}{Día} * 360 \frac{días}{año}}$$

Vida útil (años) = 14.89 meses de explotación

2.8.2. Costo total de explotación

Tabla 11

Costo total de explotación

Descripcion/Periodo	COSTO TOTAL DE EXPLOTACION															Total
	AÑO 1												AÑO 2			
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	
Tn/día	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	53.3	
Ton/mes	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,600	26,800
Au Gr/Tn	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
Costo de explotacion	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 43,946.73	S/ 39,063.76	S/ 654,318.03
Costo de sostenimiento	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,460.28	S/ 1,298.03	S/ 21,741.92
Sueldos	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00	S/ 225,000.00
Transporte de mineral	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 10,493.95	S/ 9,327.96	S/ 156,243.31
Planta	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 16,000.00	S/ 240,000.00
Total costo minado	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 86,900.97	S/ 80,689.74	S/ 1,297,303.27

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Tabla 12

Calculo de la utilidad operativa

Mes	Mes0	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10	Mes11	Mes12	Mes13	Mes14	Mes15
Ventas de Mineral	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 856,012.86	S/ 760,900.32
Costos de producción	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78	S/ 86,440.78
Utilidad Bruta	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 769,572.08	S/ 674,459.54
Gastos Administrativos y ventas (2.5%)	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 19,239.30	S/ 16,861.49
Utilidad operativa	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	750,333	657,598
Margen Operativo (%)	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.864

Fuente: Mina Korymina S.A.C.

Tabla 13

Flujo de caja operativa después de impuestos

Mes	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15		
INGRESOS																		
*Total de Ventas	0	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	760,900.32	
*Total Ingresos	0	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	856,012.86	S/	760,900.32	
EGRESOS																		
*Total de Costos	1,297,303.27	0	S/	86,440.78	S/	86,440.78	S/	86,440.78	S/	86,440.78	S/	86,440.78	S/	86,440.78	S/	86,440.78	S/	86,440.78
*Total de Gastos		0	S/	19,239.30	S/	19,239.30	S/	19,239.30	S/	19,239.30	S/	19,239.30	S/	19,239.30	S/	19,239.30	S/	16,861.49
*Total de Impuestos (Regalías mineras																		
1.3% + Impuesto Especial 1.9% +																		
Impuesto a la renta 29.5%)																		
	0	S/	242,481.29	S/	238,275.68	S/	238,275.68	S/	238,275.68	S/	238,275.68	S/	238,275.68	S/	238,275.68	S/	208,826.84	
Total Egresos	1,297,303	0	S/	348,161.38	S/	343,955.76	S/	343,955.76	S/	343,955.76	S/	343,955.76	S/	343,955.76	S/	343,955.76	S/	312,129.11
SALDO CAJA	-1,297,303	0	S/	507,851.49	S/	512,057.10	S/	512,057.10	S/	512,057.10	S/	512,057.10	S/	512,057.10	S/	512,057.10	S/	448,771.21
TASA DE INTERES ANUAL																		12%
TASA DE INTERES MENSUAL																		0.949%
VAN		S/	5,705,019.27															
TIR ANUAL			29.73%															
TIR MENSUAL			2.193%															
VPB		S/	11,721,962.52															
VPC		S/	5,960,386.38															
R b/c			1.967															

Fuente: Mina Korymina S.A.C

A partir del flujo de caja presentado en la Tabla 13, la evaluación económica de la propuesta considera la inversión inicial (CAPEX), los costos operativos (OPEX) y el valor específico de ventilación (USD/t), los cuales cumplen funciones diferentes dentro del análisis financiero. El CAPEX representa la inversión necesaria para la obtención y colocación de dispositivos complementarios del sistema de ventilación; el OPEX comprende los costos recurrentes requeridos para su operación y mantenimiento; mientras que el costo unitario de ventilación expresa el costo de ventilación por tonelada de mineral producida, constituyendo un indicador de eficiencia económica. La diferenciación de estos componentes permitió definir los flujos económicos y calcular el VAN y la Tasa Interna de Retorno (TIR), garantizando una adecuada interpretación de la económica de la propuesta.

Modelo matemático para calcular el VAN

$$VAN (\$) = -I_o + \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+i)^t}$$

Donde:

I_o : Inversión inicial

i : tasa de descuento

FCt : Flujo de caja para un periodo t .

n : Numero de periodos

Cálculos:

$$VAN = 507,851.49 / (1+0.949\%)^1 + \dots + 448,771.21.50 / (1+0.949\%)^{15} - 1,297,303.27$$

$$VAN = S/ 5,705,019.27$$

Modelo matemático para calcular el TIR

$$TIR_{Anual} = (1 + TIR_{mensual})^{1/12} - 1$$

$$0 = -I_o + \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1 + TIR)^t}$$

$$TIR_{mensual} = ((1+29.73\%)^{(1/12)} - 1) = 2.193\%$$

$$Tasa\ de\ interés\ mensual = ((1+12\%)^{(1/12)} - 1) = 0.949\%$$

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO Y ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es aplicado, pues busca solucionar una problemática concreta relacionado con las condiciones de ventilación en la zona Carmen Rosa “C” de la mina Korymina S.A.C. mediante el diagnostico técnico del sistema existente y la formulación de una propuesta de mejoramiento basada en la simulación de escenarios. Asimismo, presenta un enfoque cuantitativo, puesto que la investigación emplea información cuantitativa derivada de registros sobre flujo, rapidez, condiciones térmicas y niveles gaseosos, así como en la representación del circuito aéreo en Ventsim, cuyos hallazgos obtenidos fueron analizados objetivamente para evaluar el cumplimiento de los parámetros técnicos establecidas mediante el Decretos Supremos N.º 024-2016-EM y sus modificatorias incorporadas mediante el D.S.N.º 034-2023-EM. En materia de seguridad y salud ocupacional minera.

3.2. NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Nivel de investigación

Corresponde al nivel descriptivo, porque permite caracterizar las condiciones actuales del circuito ventilatorio del sector Carmen Rosa “C”, mina Korymina S.A.C. sirviendo de base para desarrollar una propuesta de mejora orientado al cumplimiento de la normativa vigente.

3.2.2. El diseño de investigación

Corresponde al diseño no experimental, al comprender la realización de medidas técnicas precisas, estas se efectuaron utilizando equipos especializados y programas de simulación destinados al diseño de ventilación, como Ventsim, que posibilita la modelación y predicción del comportamiento del flujo de aire dentro de la mina.

3.3. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Población

La población de estudio comprende al personal y los equipos Diesel que operan en la zona Carmen Rosa “A, B y C” de la mina Korymina S.A.C., Su consideración responde a que el numero de trabajadores y las características operativas de los equipos Diesel constituyen parámetros técnicos para la determinación del requerimiento de aire de la zona de estudio, cuyos niveles de operación varían entre los niveles NV 4800 y NV 5200.

3.3.2. Muestra

El estudio aplica un muestreo no probabilístico por conveniencia., comprende 30 trabajadores y 5 equipos Diesel que operan en la zona Carmen Rosa “C” de la mina Korymina S.A.C. por constituir los parámetros técnicos considerados para el cálculo de la demanda atmosférica del sector analizado.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Los datos serán recopilados conforme al diseño del estudio y la disponibilidad de acceso a los datos. Se tomarán en cuenta factores como el margen de la población, los medios disponibles y el momento adecuado con el fin de recopilar información a través de procedimientos estadísticos y observación directa, sin intervención ni manipulación experimental.

La recopilación de datos se sustentó en la investigación de informes técnicos y hojas de cálculo en Excel, así como en el marco normativo establecido por el Decreto Supremo N.º 024-2016 y su actualización mediante el Decreto Supremo N.º 034-2023. De igual manera, se realizó la obtención de datos directamente en campo (in situ) durante las áreas de monitoreo, donde se evaluaron variables como la velocidad y el caudal del aire.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- ❖ Medidor de caudal tubo de Pitot
- ❖ Anemómetro digital de flujo
- ❖ Termómetro de precisión
- ❖ Medidor multiparamétrico de calidad del aire
- ❖ Cámara para registro fotográfico
- ❖ Planos topográficos y cartografía de la mina
- ❖ Software de simulación de ventilación Ventsin
- ❖ Análisis de especificaciones técnicas de ventiladores
- ❖ Análisis de normativa minera vigente
- ❖ Fichas de observación

3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS

La validez se asegura por medio del uso de instrumentos y equipos calibrados, reconocidos y homologados en la minería subterránea para medir variables esenciales como el flujo atmosférico, rapidez, estado térmico, presión y concentración gaseosa. Así, los registros representan fielmente el funcionamiento real del circuito ventilatorio. También se consideró la revisión de la normativa vigente, principalmente el D.S. N.º 024-2016-EM y su modificatoria, el D.S. N.º 034-2023-EM. Esta revisión permitió verificar que las mediciones realizadas mantengan correspondencia con los criterios técnicos y regulatorios establecidos por la normativa nacional.

La confiabilidad se fundamenta en la utilización repetida y constante de los equipos de medición y la formación del personal responsable de recopilar los datos. La información recolectada en terreno y laboratorio es comparada y validada para disminuir posibles errores y asegurar la coherencia de las mediciones bajo diferentes condiciones.

3.6. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS

Luego de recopilar los datos, estos pasaran a ser gestionados conforme al análisis de la petición de caudal de aire destinados al personal trabajador, a los equipos diésel y al empleo de explosivos que generan emisiones de gases; para obtener el caudal total que será necesario para el desarrollo de la mina y tener el requerimiento atmosférico destinado a prevenir eventuales fallas. En el análisis de datos, se realizará su análisis e interpretación mediante representación gráfica, con la finalidad de reconocer tendencias y patrones que no sean evidentes a simple vista. El procesamiento informativo se efectuará mediante Excel, AutoCAD y Ventsim.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación contempla como principios éticos esenciales la protección del respeto, la integridad y bienestar del equipo humano involucrado. Dado que el estudio se realiza con trabajadores y en condiciones propias del ambiente laboral, es prioritario salvaguardar el resguardo de los datos obtenidos, asegurando que la intervención sea voluntaria y basada en un consentimiento informado, claro y consciente por parte de los trabajadores en general.

CAPÍTULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis y resultados respecto al objetivo general

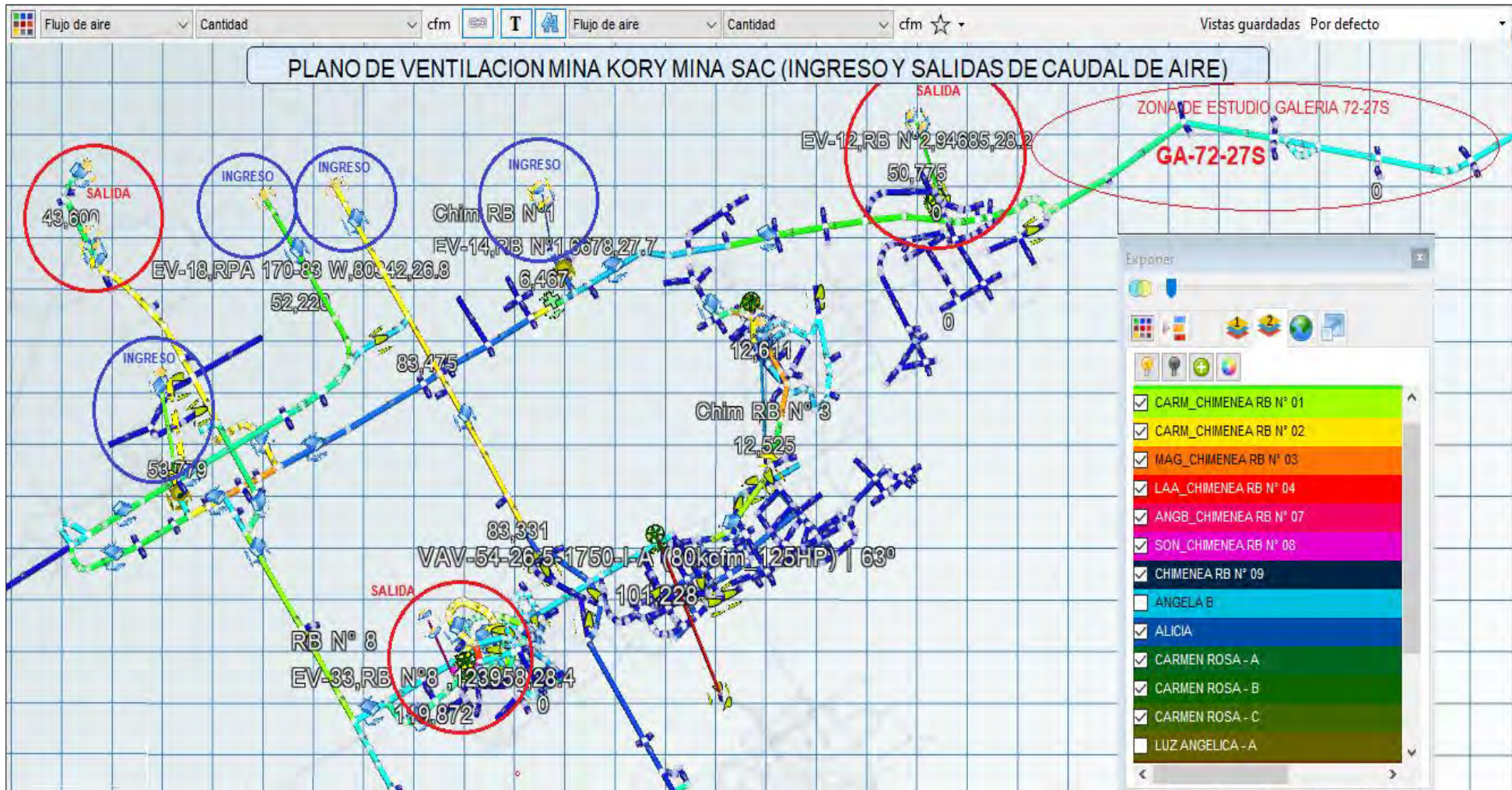
El análisis y resultados de las condiciones del mejoramiento de la ventilación en la zona Carmen rosa “C”, surgen a necesidad de optimizar y brindar condiciones termo ambientales para el personal al interior de la mina.

4.1.1. Parámetros de la ventilación en la Mina Korymina

La mina korymina dispone de 4 entradas de aire (RB N°1, RB N°9, BM RP 170-83W, BM RP 170W) y con 3 salidas de aire a superficie (RB N°2, RB N°8, BM 185W). El aire que entra por la BM RP 170-83W, desciende hacia el área de desarrollo de la zona de Carmen rosa A y B, direccionado hacia la rampa Carmen Rosa B hacia niveles profundos, con posterior salida por la BM RP 185W. Así mismo, el aire que ingresa por el RB N° 01, se aprovecha para el desarrollo de la zona de Carmen rosa C, para posteriormente ser evacuado por la RB N° 02. Esta zona es la que requiere una evaluación del sistema ventilación dado que la empresa ha optado iniciar trabajos de sondajes y explotación.

Figura 16

Sistema de ventilación Zonas de ingreso y salida de aire



Fuente: *Mina Korymina S.A.C.*

Figura 17

Zona de estudio Gal-72-27S



Fuente: Mina Korymina S.A.C.

4.1.1.1. Requerimiento de aire para personal operativo

En concordancia con el artículo 247 del Decreto Supremo N.º 024-2016-EM y Modificaciones y sus modificatorias; en labores mineras ubicadas por encima de los 4,000 m s. n. m., el caudal minio de aire por trabajador se incrementa hasta 6 m³/min, valor que se considera para estimar la demanda atmosférica laboral operativo.

Tabla 14

Cantidad de aire para personal operativo

Personal	Total/Gdia	m³/min	Q cfm
Mina Korymina	10	60.00	2,118.88
Contrata Cepan E.I.R. L	6	36.00	1,271.33
Contrata Quiñones S.R. L	6	36.00	1,271.33
SSOMA	2	12.00	423.78
Operaciones Mina	5	30.00	1,059.44
SUB TOTAL	29	174.00	6,144.75
Contingencias (5%)	1	9	307.24
TOTAL	30	182.70	6,451.99
QTr		6,451.99	cfm

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

4.1.1.2. Requerimiento de aire para equipos petroleros

Tabla 15

Cantidad de aire para equipos petroleros

ITEM	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	POTENCIA NOM. (HP)	FA	POT. EFECT. (HP)	DM	FU	REQ. MÍNIMO (m³/min)	Q REQ. (m3/min)	Q REQ. (Cfm)
1	Scooptram LH202	OPERATIVO	70	80%	56	76%	29%	3.00	37.03	1,307.60
2	Scooptram LH202	OPERATIVO	60	80%	48	75%	21%	3.00	22.68	800.94
3	Teletran	OPERATIVO	65	80%	52	72%	20%	3.00	22.46	793.31
4	Teletran	OPERATIVO	55	80%	44	70%	64%	3.00	59.14	2,088.37
5	Camioneta	OPERATIVO	60	80%	48	85%	46%	3.00	56.30	1,988.36
Consumo por equipos petroleros									197.61	6,978.57

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

El caudal necesario para el consumo por equipos petroleros es de: **6,978.57 CFM**

4.1.1.3. Requerimiento de aire por consumo de explosivos

La carga explosiva determina el suministro aéreo requerido mediante Novitsky.

Tabla 16

Ecuación de Novitsky

ECUACIÓN DE NOVITSKY: $Q = (100 \times K \times a) / (d \times T)$; m ³ /min		
Parámetro	Descripción	Unidad
Q	Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado.	m ³ /min
K	Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita al 60 %.	kg
a	Volumen de gases generados por cada kilogramo de explosivo. Valor sugerido: 0.04 .	m ³ /kg de explosivo
d	Porcentaje de dilución de los gases. Deben ser diluidos a no menos de 0.008 % , aproximándose a 0.01 % .	%
T	Tiempo de dilución de los gases.	min

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

Aplicando la ecuación de Novitzky se tiene:

$$*Q \text{ (m}^3\text{/min)} = (100 \times 15 \text{ kg} \times 0.04 \text{ m}^3\text{/kg}) / (0.008 \times 90 \text{ min}) = 82.56 \text{ m}^3\text{/min}$$

$$*Q \text{ (cfm)} = 82.56 \text{ m}^3\text{/min} \times 35.31 \text{ cfm}/(\text{m}^3\text{/min}) = \mathbf{2915.42 \text{ CFM}}$$

Al ser $Q_{ex} < Q_{equipos \text{ petroleros}}$ se considera el mayor caudal

4.1.1.4. Requerimiento de aire por consumo de temperatura

El nivel 4800 presenta temperaturas promedio de 28.5° C en el desarrollo de la Gal - 72-27S por ello, se contempla el caudal requerido según condiciones térmicas.

Tabla 17*Consumo de aire por temperatura*

DESCRIPCIÓN	VALOR	UND
Temperatura C°	28.5	°C
# Niveles	1	> 24 °C
Velocidad mínima	30	m/min
Área promedio	3.47	m ²
	3,672	cfm

Fuente: *Mina Korymina S.A.C***Tabla 18***Calculo de sección promedio*

Tipo de Labores	Ancho (m)	Alto (m)	Factor de corrección	Área (m2)
Cruceros y rampas	2.4	2.4	0.90	5.18
Galerías	2.5	2.5	0.90	5.60
Chimeneas	1.2	1.2	0.95	1.37
Subnivel, Tajeo	1.0	1.8	0.95	1.71
Promedio total				3.47

Fuente: *Mina Korymina S.A.C**Qte = Vm x A x N = **3672 CFM****4.1.1.5. Requerimiento de aire por consumo de madera**

El empleo de madera en labores de sostenimiento y otras actividades produce emisiones de CO₂ y CH₄, las cuales influyen en la estimación de la exigencia atmosférica de la unidad minera. Se establece según la producción de forma proporcional.

Tabla 19*Factor de producción por consumo de madera*

Factor de Producción de acuerdo al consumo de madera	
Consumo de madera (%)	Factor de Producción
< 20	0
20 a 40	0.6
41 a 70	1
> 70	1.25

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

$$*Q_{ma} = T \times U \text{ (m}^3/\text{min)}$$

$$*U = \text{consumo/producción} = (5 \text{ Tn/ gd}) / (60 \text{ Tn/gd}) * 100\% = 8.33\%$$

$$*Q_{ma} = 60 \text{ tm/guardia} \times 0 = 0 \text{ cfm}$$

4.1.1.6. Balance de aire en la zona “C” Carmen rosa

Se presenta el resumen tabular del cálculo del aire necesario en la mina Korymina Carmen Rosa “C”.

Tabla 20

Balance de aire Carmen rosa “C”

Parámetro	Fórmula	Donde	Valor	m3/min	cfm	%
N° de trabajadores	$Q_{tr} = F \times N$	F = Caudal por persona a 5000 m.s.n.m	6	182.70	6,451.99	33%
		N = N° persona/g	30			
Consumo de madera	$Q_{ma} = T \times u$	T = Producción TMH/g	60	0.00	0.00	0%
		u = Factor de producción	0			
Temperatura en las labores de trabajo	$Q_{Te} = V_m \times A \times N$	V _m = Velocidad mínima	30	103.98	3,672.01	19%
		A = Área de la labor promedio	3.47			
		N° de niveles con Temp. > 24°C	1			
Equipos con motor petrolero	$Q_{eq} = 6 \times HP \times D_m \times F_u$	HP = Capacidad efectiva de potencia	248.00	197.61	6,978.57	35%
		D _m = Disponibilidad mecánica (%)	76%			
		F _u = Factor de utilización (%)	0.36			
Caudal Sub Total				484.29	17,103	87%
Fugas	$Q_{fu} = 15\% \times Q_{ti}$	$Q_{Ti} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$	15%	72.64	2,565	13%
Requerimiento de Aire	$Q_{To} = Q_{Ti} + Q_{Fu}$	$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{Ti}$		556.93	19,667.96	100%
Requerimiento de Aire Mina (Qr)				556.93	19,667.96	
Caudal Total de Ingreso de Aire (Qi)				1,170.90	41,349.95	
Caudal Total de Salida de Aire (Qs)				1,076.95	38,032.04	
Desbalance (Qi -Qs)				93.95	3,317.91	8.02
Cobertura de Aire					210.24%	%
Superávit				613.97	21,681.99	

Fuente: Mina Korymina S.A.C

En relación con el balance de aire obtenido, se precisa lo siguiente: El desbalance de aire obtenido fue de 8.02 %, valor que se encuentra dentro del margen aceptable (± 10 %) para el balance de ventilación. Asimismo, la cobertura de aire alcanzo el 210.24% lo que indica que el flujo entrante excede la demanda ventilatoria minera, generando un superávit de 21,681.99 CFM. Por lo tanto, el caudal disponible resulta suficiente para cubrir los requerimientos de ventilación de la zona Carmen roza “C”.

Tabla 21*Ingreso de flujo de aire a la zona Carmen rosa*

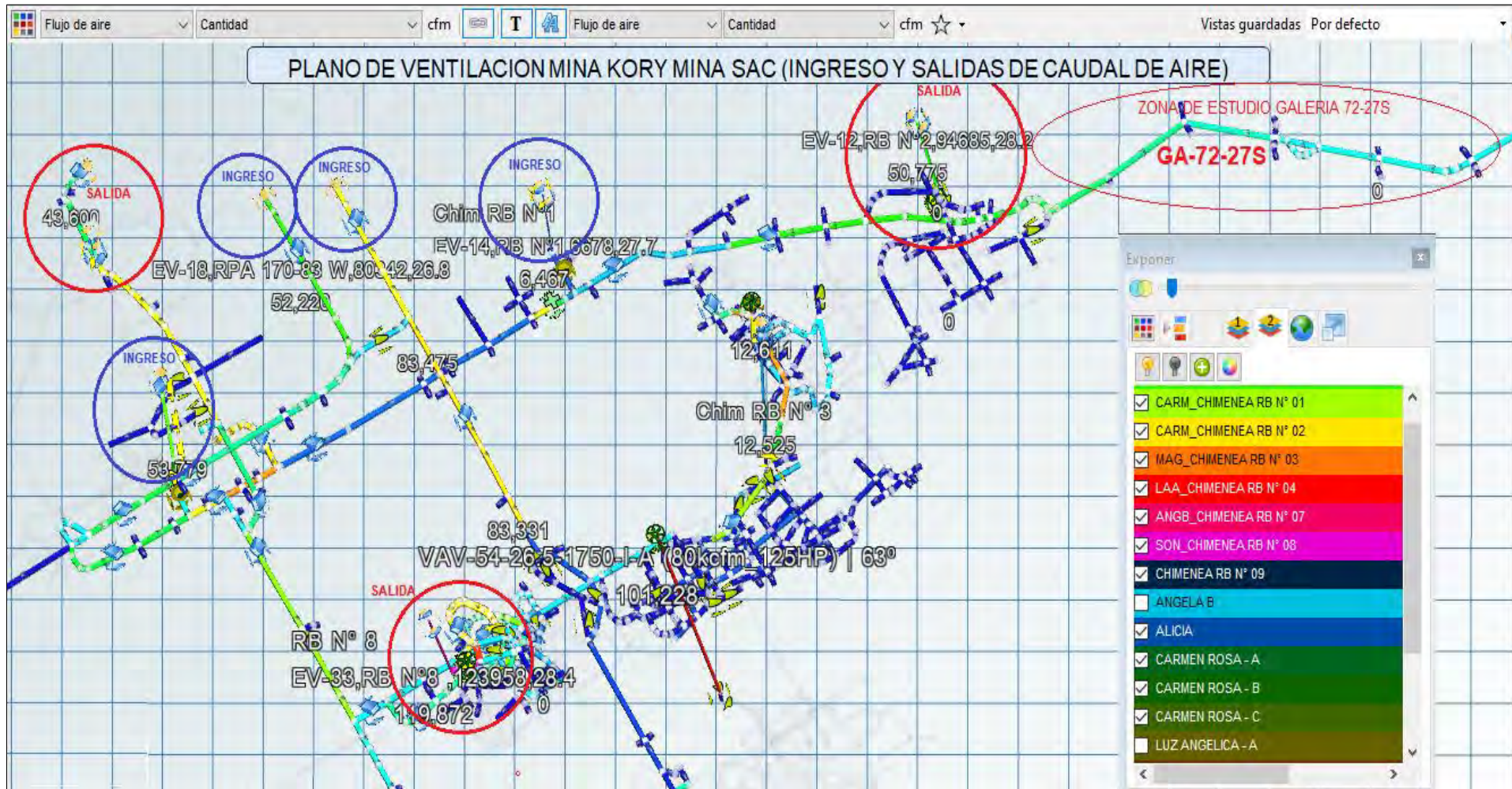
ITEM	UBICACIÓN			CONDICIONES AMBIENTALES			SECCION			AREA	VEL.		CAUDAL		DIST.
	NIVEL	LABOR	DETALLE	T. AMB. °C	TD °C	TWB °C	a(m), (Φ)	h(m)	Forma	m2	m/s	m/min	m3/min	cfm	(%)
1	Nv 5200	RB N°9	Superficie	25.50	21.70	23.70	1.20		Circular	1.13	1.38	83	93.71	3,309.36	8%
2	Nv 5170	RPA 170-83 W	Superficie	26.80	20.50	22.30	2.40	2.40	Baúl	5.47	1.20	72	392.47	13,860.03	34%
3	Nv 5170	RPA 170 W	Superficie	26.20	21.00	22.50	2.40	2.40	Baúl	5.47	1.75	105	573.13	20,240.02	49%
4	Nv 5287	RB N°1	Superficie	27.20	20.60	22.60	1.20		Circular	1.13	1.64	99	111.58	3,940.54	10%
TOTAL													1,170.89	41,349.95	100%

Fuente: *Mina Korymina S.A.C***Tabla 22***Salida de flujo de aire a la zona Carmen rosa*

ITEM	UBICACIÓN			CONDICIONES AMBIENTALES			SECCION			AREA	VEL.		CAUDAL		DIST.
	NIVEL	LABOR	DETALLE	T. AMB. °C	TD °C	TWB °C	a(m), (Φ)	h(m)	Forma	m2	m/s	m/min	m3/min	cfm	(%)
1	Nv 5180	RB N°2	Superficie	28.20	20.70	22.80	1.20		Circular	1.13	3.07	184	208.39	7,359.40	19%
2	Nv 5336	RB N°8	Superficie	28.40	21.60	23.40	1.20		Circular	1.13	2.88	173	195.36	6,899.27	18%
3	Nv 5185	BM 185 W	Superficie	25.80	20.70	22.00	2.10	2.10	Cuadrado	4.41	2.54	153	673.18	23,773.37	63%
TOTAL													1,076.94	38,032.04	100%

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

Tabla 21 y Tabla 22, refiere al ingreso y salida del flujo de aire en la zona Carmen rosa “C”.

Figura 18*Ingresos y salidas de aire en mina Korymina SAC***Fuente:** Mina Korymina S.A.C

4.1.2. Análisis de ventilación en la zona Carmen Rosa “C”

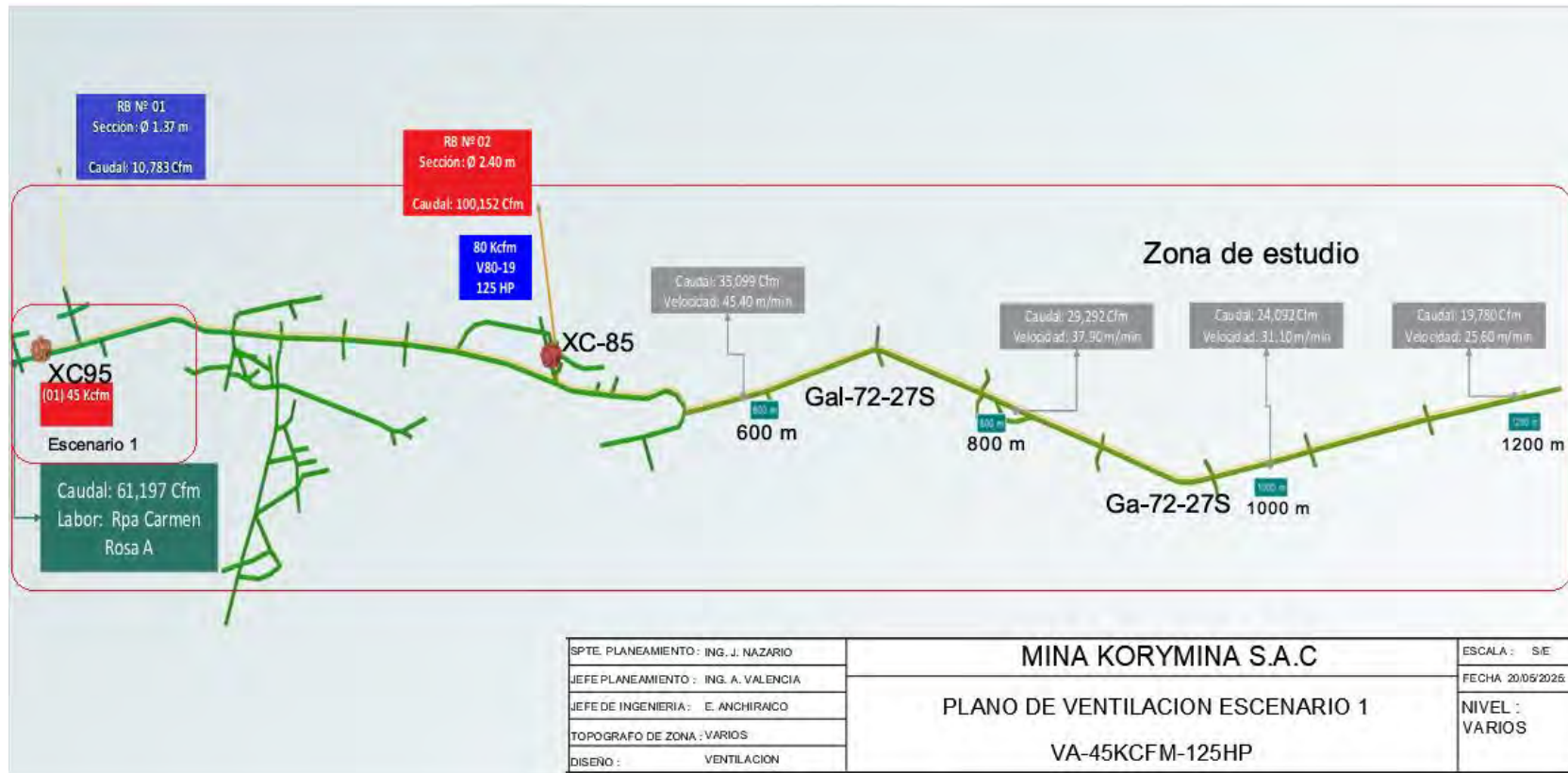
El análisis comprende poder realizar la ventilación del desarrollo de la galería GAL 72-27S, para avances de la labor por el cual se presentan escenarios de simulación para la zona Carmen Rosa “C”.

4.1.2.1. Escenario 1: 01 ventilador de 45 Kcfm – 125 hp

Este escenario abarca el circuito ventilatorio donde se impulsará aire fresco captado a partir de la Rampa Carmen Rosa “A”, a la altura del XC95, por un ventilador de 45 Kcfm de 125 hp, con dos líneas de manga de Ø36” para una longitud de labor horizontal de 1,200m, el cual será extraído por la GAL 72-27S, direccionado hacia el XC-85, en el cual se encuentra un ventilador extractor de 80 Kcfm de 125HP, evacuando aproximadamente 100,152 cfm a superficie. La representación gráfica se muestra a continuación.

Figura 19

Sistema de ventilación con un ventilador de 45 Kcfm y 125 Hp



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Se muestra el análisis del flujo de ventilación en secciones de 600, 800, 1000 y 1200 m, con el uso de dos ductos de 36 pulgadas y con el ventilador inyector de 45 Kcfm de una potencia de 125 Hp.

Tabla 23*Análisis de parámetros de ventilación para 1200 m*

Descripción	Und	TRAMO DE LONGITUD DE VENTILACION (m)			
		600 m	800 m	1000 m	1200 m
Ventilador		VEA-39-26 (45kcfm_125 Hp)			
Caudal de ingreso	cfm	52,927.00	51,469.00	50,620.00	50,141.00
Caudal de salida	cfm	35,099.00	29,292.00	24,092.00	19,780.00
Velocidad en el frente	m/min	45.40	37.90	31.10	25.60
Presión de trabajo	"C. A	9.70	10.20	10.50	10.60
Potencia de trabajo	HP	105.00	107.00	107.00	108.00
Ductos (02) líneas	pulg	36"	36"	36"	36"
Condición del ducto		Fugas Moderadas			
Costo por energía	S/ año	36,029.00	36,029.00	36,029.00	36,029.00
	S / hora	4.17	4.17	4.17	4.17

Fuente: *Mina Korymina S.A.C.***Tabla 24***Costo de energía*

VENTILADOR ELÉCTRICO DE 45,000 CFM		
Descripción	Unidad	Valor
Costo adquisición incluye tablero	\$USD	40,000.00
Gasto reparación - mantenimiento	%	50
Costo total (adquis. + mantto.)	\$/Unidad	60,000.00
Vida útil (VE) - 5 años	Horas	14,400.00
Costo unitario	\$/Hora	14.83
Costo por energía	\$/Hora	4.17
Costo por energía	\$/Anual	36,029.00

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

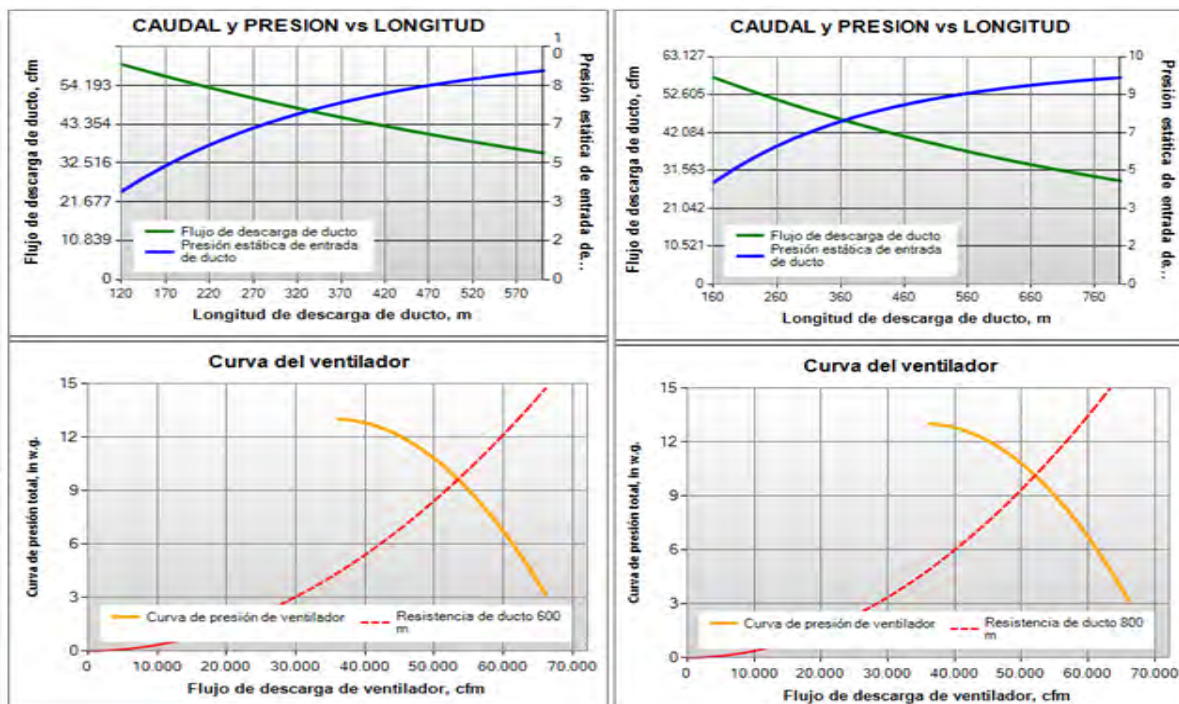
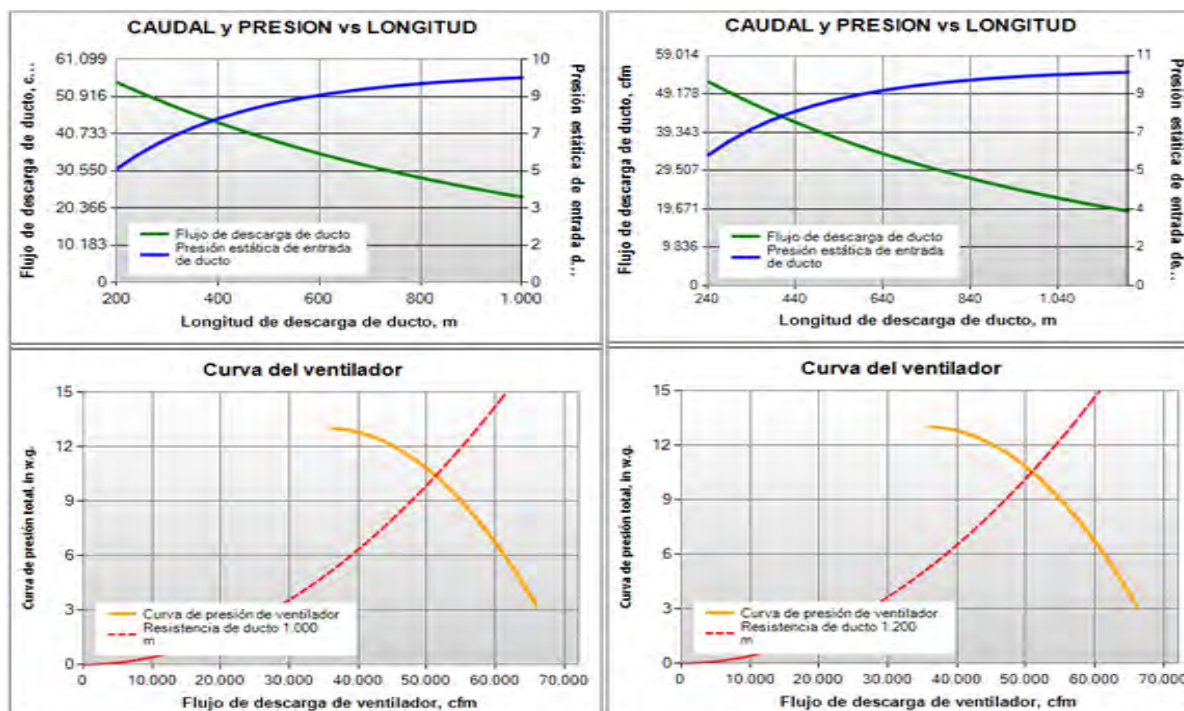
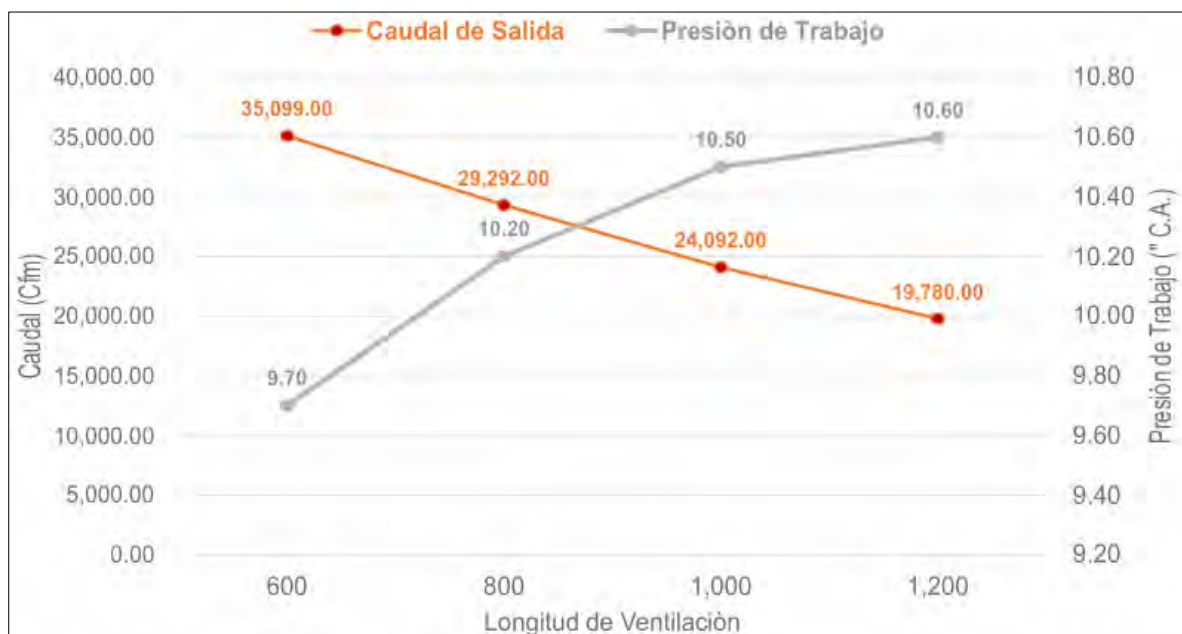
Figura 20*Análisis grafico Caudal presión vs Longitud 600 y 800***Fuente:** Mina Korymina S.A.C.**Figura 21***Análisis grafico Caudal presión vs Longitud 1000 y 1200***Fuente:** Mina Korymina S.A.C.

Figura 22

Análisis caudal, presión vs longitud Ventilador 45 Kcfm con 02 ductos 36'Ø'



Fuente: Mina Korymina S.A.C.

El escenario 01, muestra el análisis del caudal y velocidad para una longitud de 600, 800, 1000 y 1200 m, teniendo como resultado a los 1200 metros, un caudal de salida por medio de los 02 ductos de ventilación en paralelo de 19,780 cfm, con una velocidad de 25,60 m/min. Esta simulación contempla una simulación con ductos de 0.0037 kg/m³ como factor de fricción, además los acoples entre mangas se dan cada 20 metros, estos parámetros muestran la pérdida por fricción, rugosidad y fugas.

4.1.2.2. Escenario 2: 02 ventiladores en serie de 45 Kcfm – 125 hp

Este escenario comprende la red ventilatoria que introduce aire renovado desde la Rampa Carmen Rosa “A”, a la altura del XC95, por dos (02) ventiladores en serie de 45 Kcfm de 125 hp, con dos ductos de manga de Ø36” para una longitud de labor horizontal de 1,200m, el cual será extraído por la GAL 72-27S, direccionado hacia el XC 85, en el cual se encuentra un ventilador extractor de 80 Kcfm de 125 hp evacuando aproximadamente 100,230 cfm a la superficie.

Figura 23

Sistema de Ventilación con 02 ventiladores de 45 Kcfm en serie.



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Tabla 25

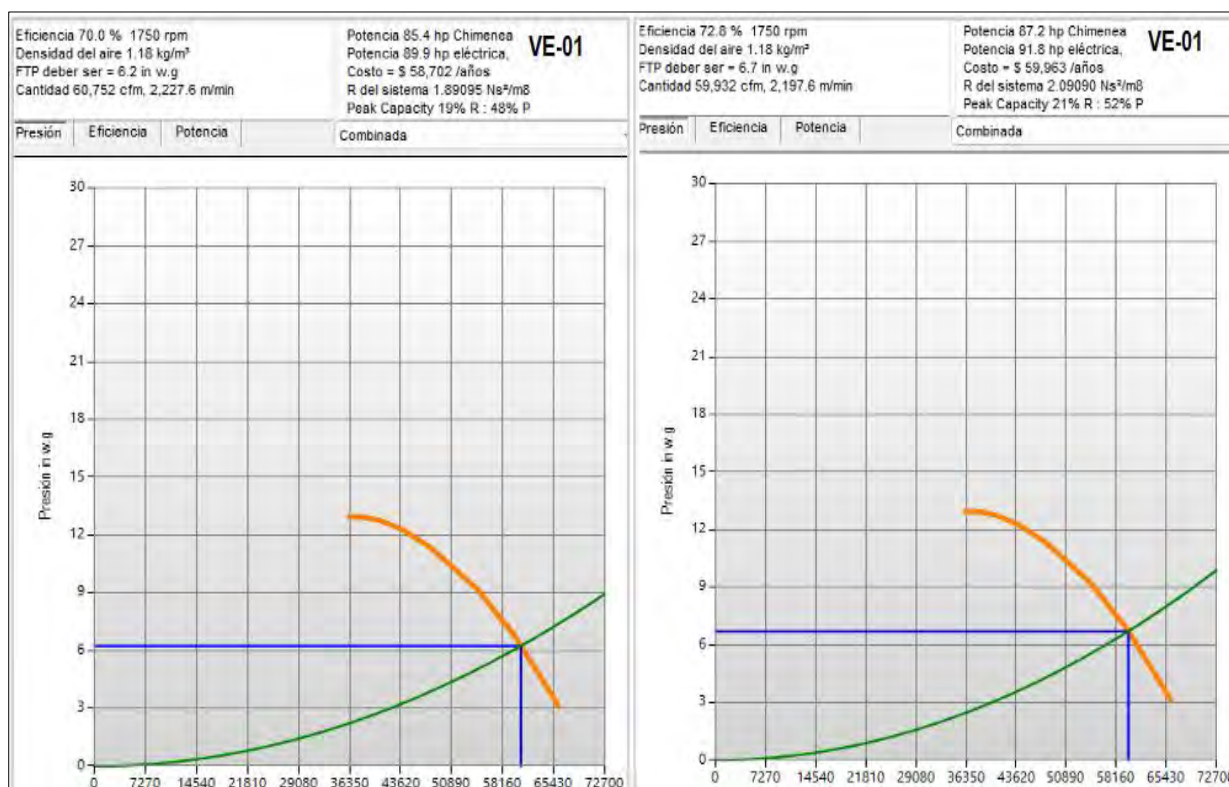
Parámetros de ventilación para 1,200 m de longitud, con dos ventiladores de 45 Kcfm.

Descripción	Und	TRAMO DE LONGITUD DE VENTILACION (m)							
		600 m		800 m		1000 m		1200 m	
Ventilador	Código	VE-01	VE-02	VE-01	VE-02	VE-01	VE-02	VE-01	VE-02
Caudal de ingreso	cfm	60,752.00	60,222.00	59,932.00	59,400.00	59,417.00	58,816.00	59,095.00	58,482.00
Caudal de salida	cfm	40,017.00		33,696.00		26,552.00		22,809.00	
Velocidad en el frente	m/min	51.7		43.6		34.3		29.5	
Presión de trabajo	"C.A	6.20	6.60	6.70	7.00	7.00	7.30	7.10	7.50
Potencia de trabajo	HP	89.90	91.90	91.80	93.90	93.00	95.30	93.70	96.10
Ductos (02) líneas	pulg	36"							
Condición del ducto		Fugas moderadas							
Costo por energía	\$/año	36,029	36,029	36,029	36,029	36,029	36,029	36,029	36,029
	\$/hora	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 24

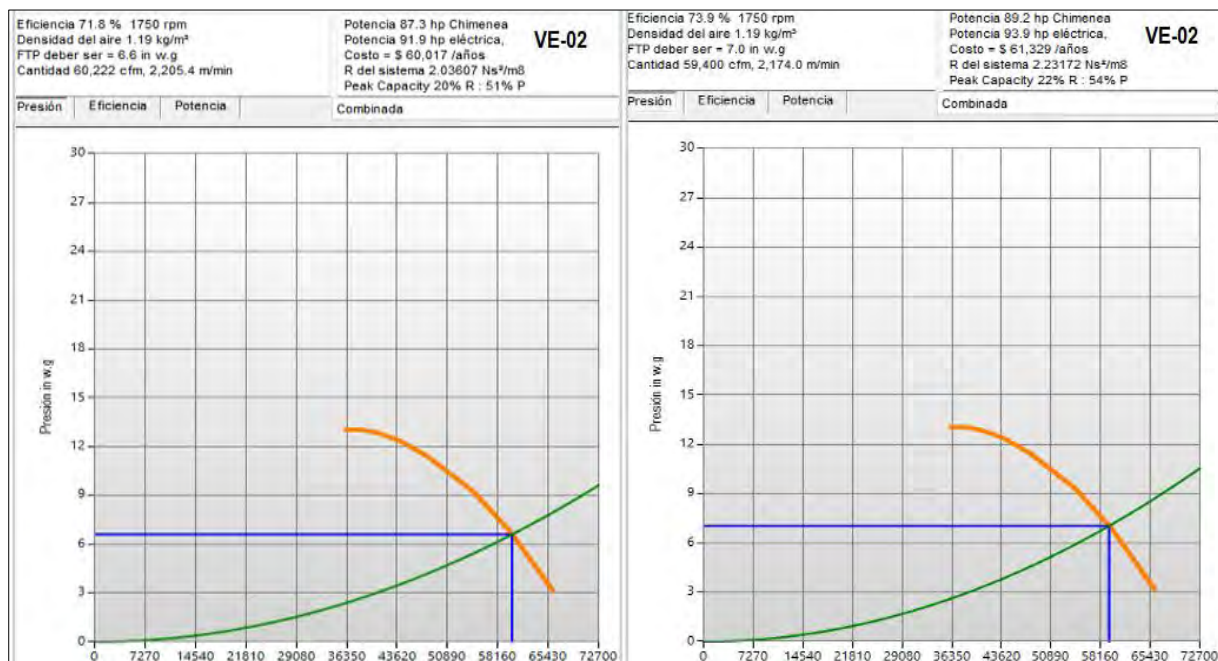
Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 600 y 800 m



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 25

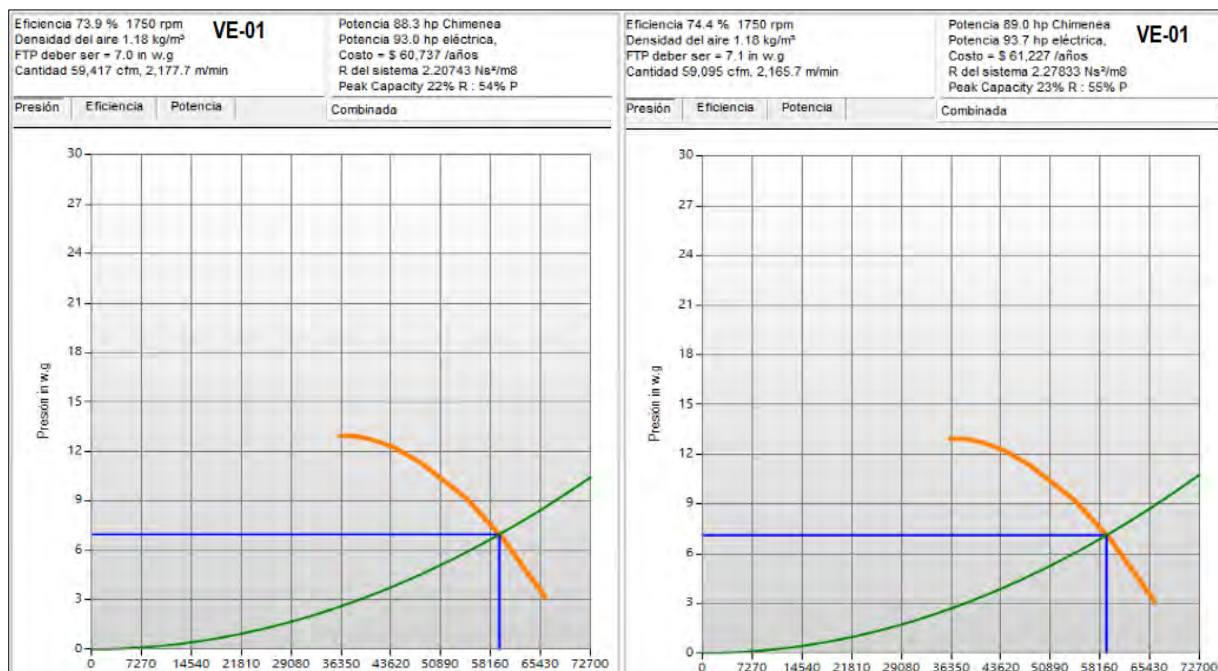
Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 600 y 800 m



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 26

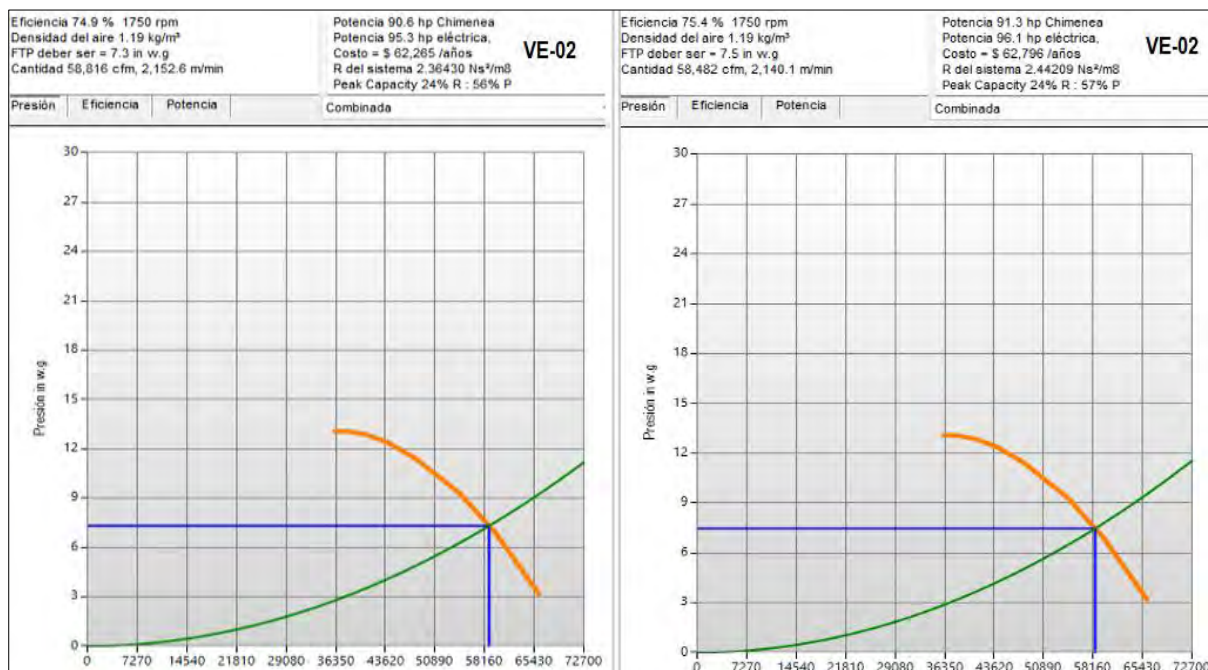
Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 1000 y 1200 m



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 27

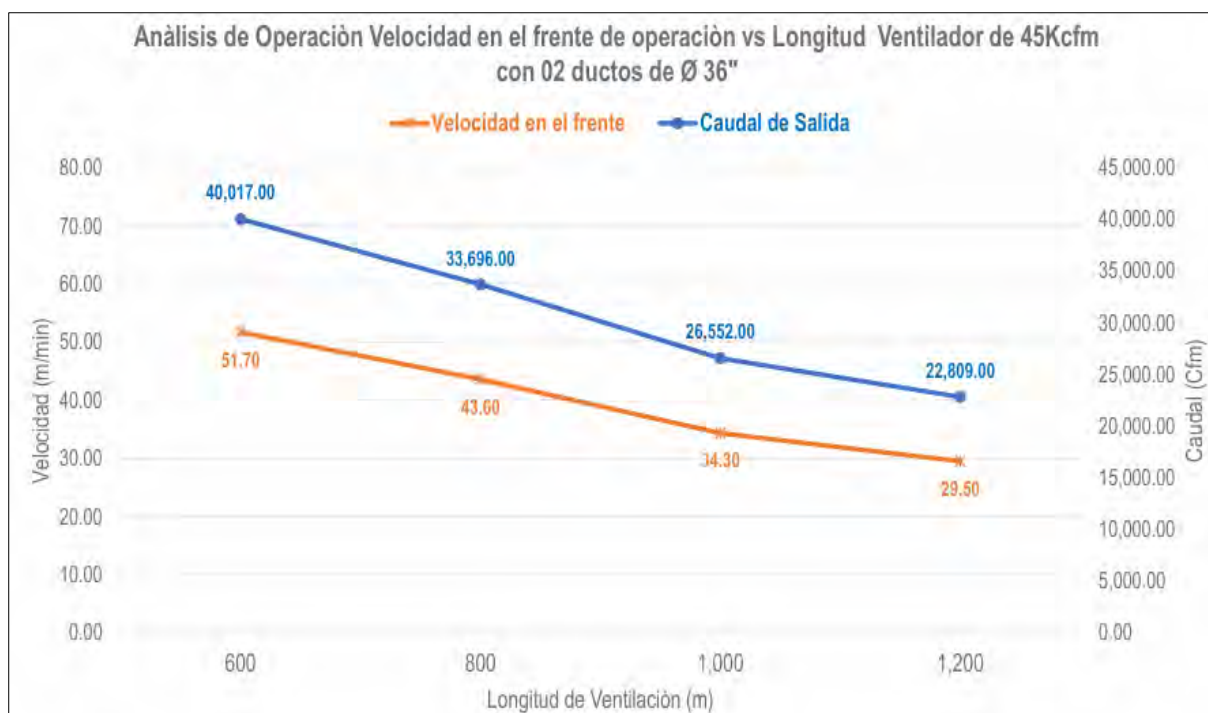
Análisis de curva caudal y presión vs longitud para 1000 y 1200 m



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 28

Análisis de Potencia, Presión vs Longitud con 02 ventiladores de 45 Kcfm con 02 ductos de Ø 36"



Fuente: Mina Korymina S.A.C

El escenario 02 muestra los resultados de analizar la ventilación de 1,200 metros de longitud en horizontal, considerando la inyección de aire por 02 ventiladores en serie de 45 Kcfm de 125 hp, los cuales con dos líneas de mangas de Ø 36" se inyectan hasta el frente de avance. Teniendo un caudal de salida por medio de los 02 ductos de ventilación en paralelo de 22,809 cfm; con una velocidad de 29.50 m/min.

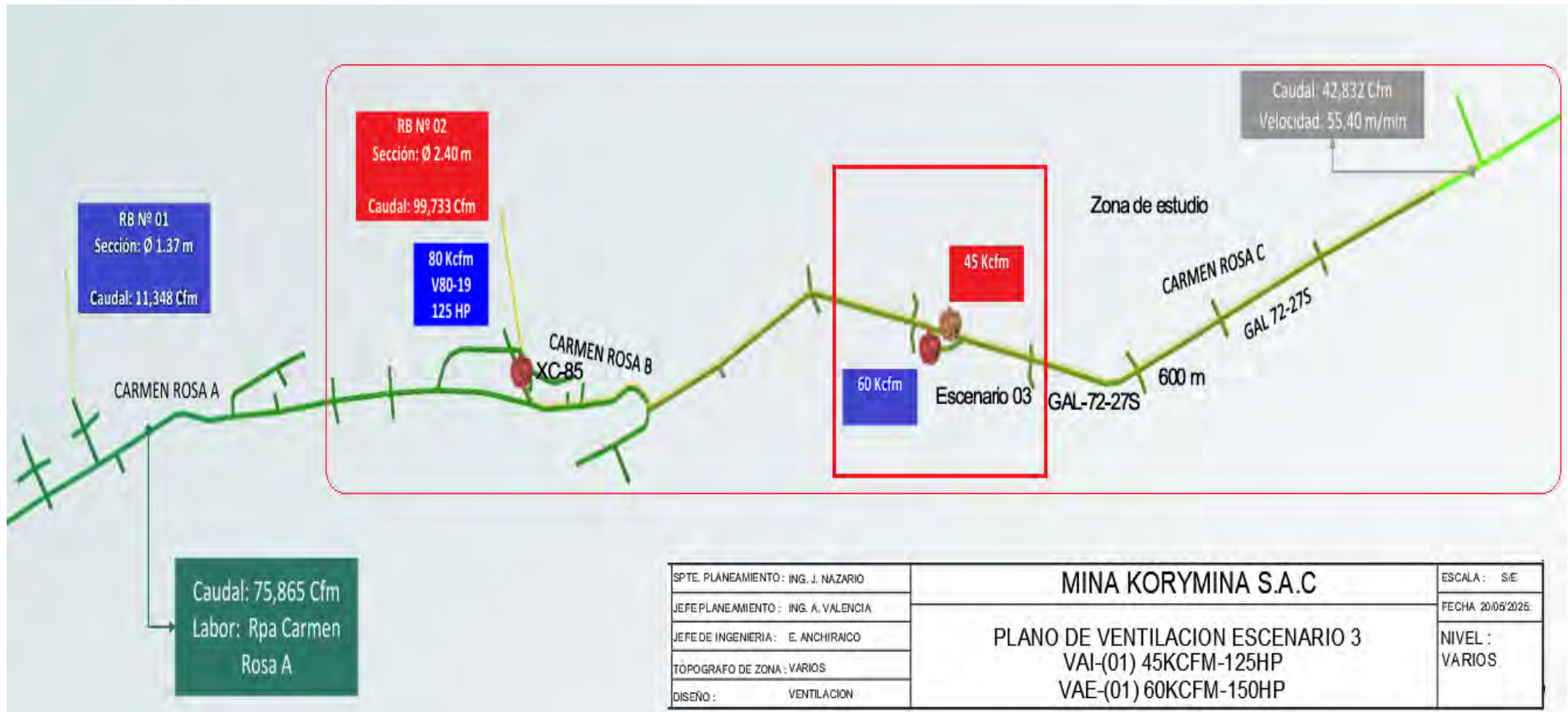
4.1.2.3. Escenario 3:

Sistema de Ventilación Mixto (01) ventilador 60 Kcfm – 150 hp y (01) ventilador 45 Kcfm – 125 hp

Este escenario comprende el sistema de ventilación destinado a la inyección de aire fresco captado a partir de la Rampa Carmen Rosa “B”, por medio de la GAL 72-27S, por un (01) ventilador de 45 Kcfm con 125 hp y dos mangas de Ø36” para una longitud de labor horizontal de 600 m, el cual será extraído por un (01) ventilador extractor 60 Kcfm con 150 hp y dos líneas Ø36”, resultando en un sistema mixto tanto de ingreso como de extracción de aire direccionado hacia el XC 85, en el cual se encuentra un ventilador extractor de 80 Kcfm de 125 hp (V80) evacuando aproximadamente 99,733 cfm a superficie.

Figura 29

Ventilación Mixto con 01 ventilador de 45Kcfm como inyector y 01 ventilador de 60Kcfm como extractor con dos líneas de manga de Ø36”.



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Tabla 26

Parámetros de ventilación para 600 metros de longitud, con dos ventiladores en un sistema mixto.

Descripción	Und	Longitud de Ventilación; 600 m, avance Carmen Rosa C	
		Ventilador Extractor de 60 Kcfm (150 Hp)	
		Ventilador Inyector de 45 Kcfm (125 Hp) – 600 m	
Ventilador	código	VE-60 Kcfm	VE-45 Kcfm
Función		Extracción	Inyector
Caudal de ingreso	cfm	60,000.00	50,840.00
Caudal de salida	cfm	47,260.00	42,832.00
Velocidad en el frente	m/min	61.00	55.40
Presión de trabajo	"C. A	10.20	10.40
Potencia de trabajo	HP	127.00	107.70
Ductos (02) líneas	pulg	36"	
Condición del ducto	—	Fugas moderadas	
costo por energía	\$/año	43,500.00	36,029.00
	\$/hora	5.03	4.17

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

Tabla 27

Costo ventilador 60 Kcfm

VENTILADOR ELÉCTRICO DE 60,000 CFM		
Descripción	Unidad	Valor
Costo de adquisición (incluye tablero)	\$USD	50,000.00
Gasto de reparación - mantenimiento	%	45
Costo total (adquis. + mantto.)	\$/Unidad	72,500.00
Vida útil (VE) - 5 años	Horas	14,400.00
Costo unitario	\$/Hora	17.92
	\$/Hora	5.03
	\$/Anual	43,500.00

Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

Figura 30

Análisis de curva de caudal y presión del ventilador inyector de 45 Kcfm.

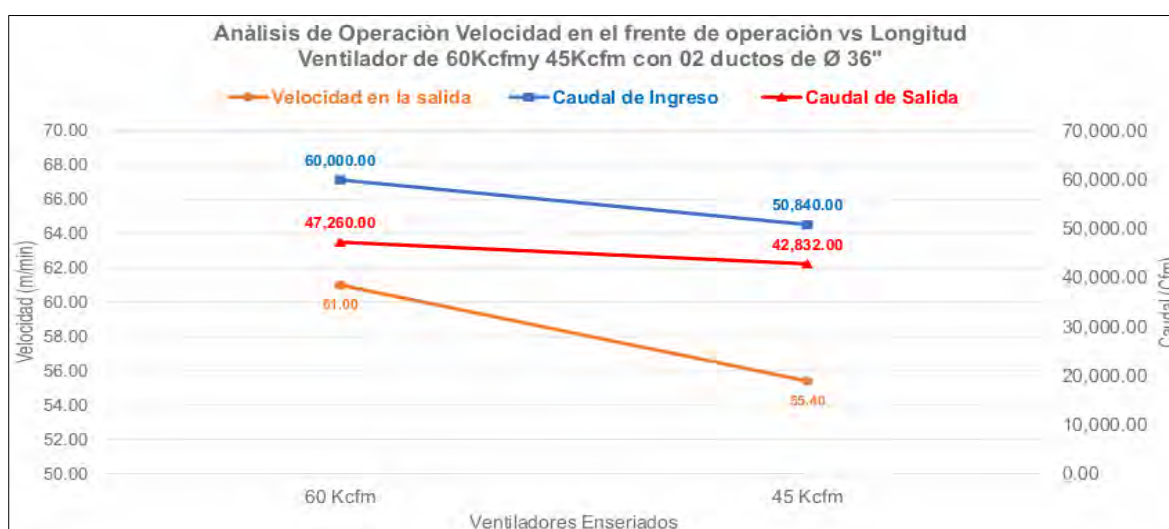


Fuente: Mina Korymina S.A.C

El escenario 03 muestra los resultados de analizar la ventilación mixta, donde el ventilador inyector de 45 Kcfm de 125 hp ventilará hasta 600 metros de longitud en horizontal desde el by pass, y el ventilador de 60 kcfm de 150 hp trabajará como extractor con dos líneas de mangas de Ø 36". Teniendo un caudal de salida en el frente de avance por medio de los 02 ductos de ventilación en paralelo de 42,832 cfm; con una velocidad de 55.40 m/min. Así mismo, el escenario 03; según la simulación corresponde a un sistema mixto para poder evacuar un caudal proporcional al caudal de inyección de 45 Kcfm. Es necesario realizar la compra de un ventilador de 60 Kcfm de mayor presión por lo cual según la simulación de este escenario, el ventilador nuevo estaría trabajando con los siguientes parámetros.

Figura 31*Parámetros de ventilador 60 Kcfm*

Presión FTP	10.2 in w.g	Potencia	120.7 hp Chimenea
Flujo	60,000 cfm	Potencia	127.0 hp eléctrica,
Densidad del aire	1.18 kg/m ³	Costo =	\$ 82,983 /años

Fuente: Mina Korymina S.A.C**Figura 32***Análisis de velocidad de salida vs longitud para un ventilador de 60Kcfm y 45Kcfm con 02 ductos de Ø 36"***Fuente:** Mina Korymina S.A.C**4.1.2.4. Escenario 4:**

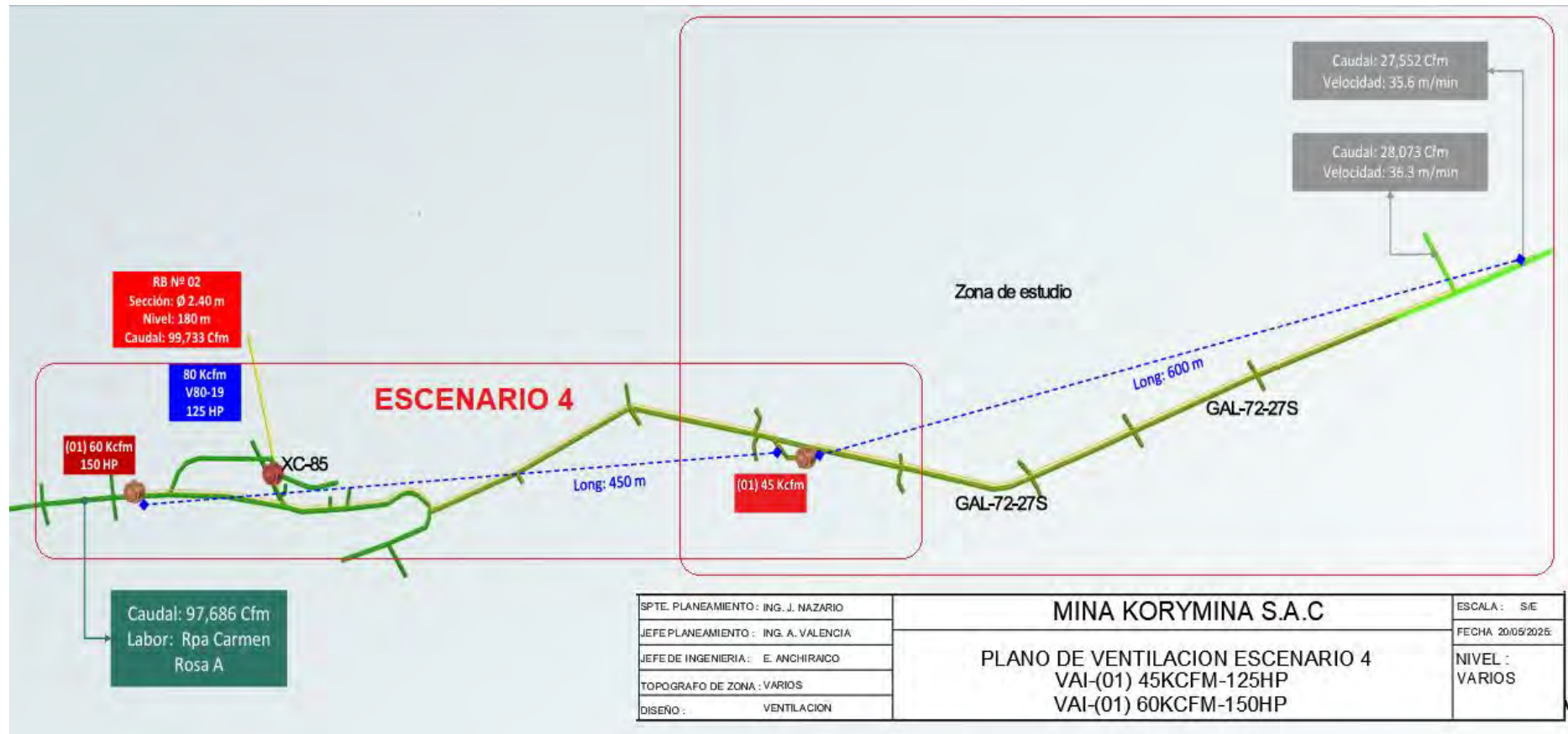
(01) ventilador de 60 Kcfm – 150 hp en serie a (01) ventilador de 45 Kcfm – 125 hp.

Este escenario comprende el sistema de ventilación destinado a la inyección de aire fresco captado a partir de la Rampa Carmen Rosa “B”, por medio de la GAL 72 27S, por un (01) ventilador de 60 Kcfm de 150 hp, con dos líneas de manga de Ø36” para una longitud de labor horizontal de 450 m, en el cual en un By pass será enseriado a un (01) ventilador inyector de 45 Kcfm de 125 hp, con dos líneas de manga de Ø36”, de este modo teniendo un sistema enseriado para ventilar una longitud de 600 metros permitiendo poder realizar el avance de dos frentes teniendo como mínimo de caudal por cada uno mayor a los 20,000

cfm, de este modo pudiendo mantener una velocidad mayor a los 25 m/min, la extracción de aire es direccionado por la GAL 72-27S hacia el XC 85, en el cual se encuentra un ventilador extractor de 80Kcfm de 125HP evacuando aproximadamente 99,733 cfm a superficie.

Figura 33

Sistema de Ventilación en serie con 01 ventilador de 60Kcfm como inyector y 01 ventilador de 45Kcfm como inyector con dos líneas de manga de Ø36"



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Tabla 28

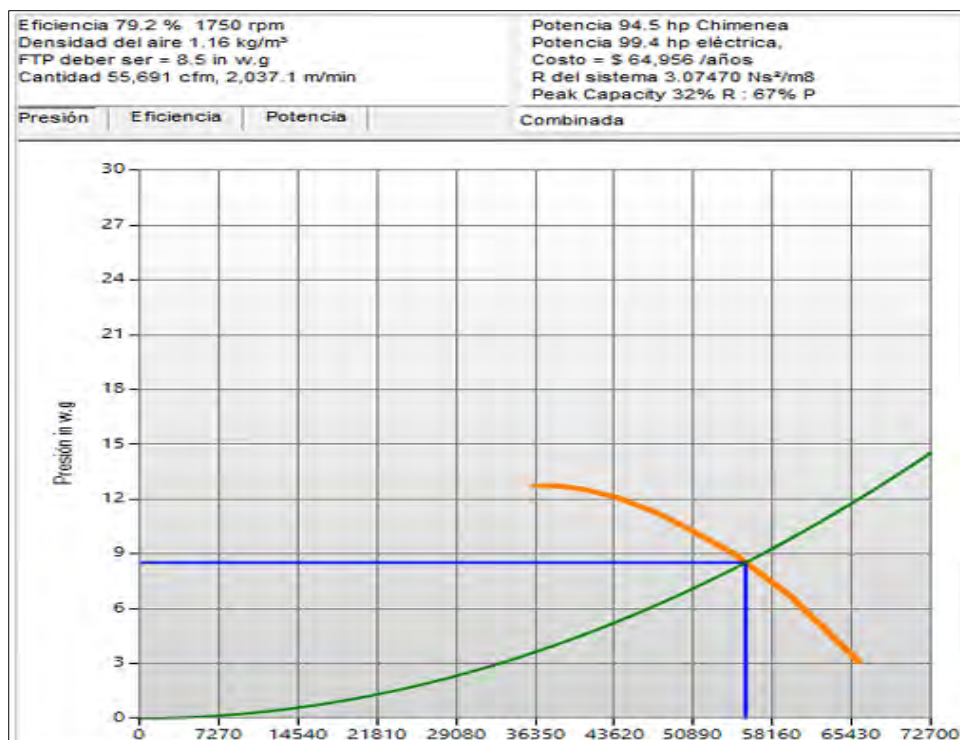
Evaluación para dos ventiladores en un sistema en serie de inyección de aire (60Kcfm) y (45Kcfm)

Descripción	Und	Longitud de Ventilación; 600 m, avance Carmen Rosa C	
		Ventilador Inyector de 60 kcfm (150 Hp)	
		Ventilador Inyector de 45 kcfm (125 Hp) - 600 m	
Ventilador	código	VE-60 kcfm	VE-45 kcfm
Función		Inyector	Inyector
Caudal de ingreso	cfm	60,000.00	55,691.00
Caudal de salida	cfm	53,548.00	55,596.00
Velocidad en el frente	m/min	69.20	71.90
Presión de trabajo	"C. A	9.30	8.50
Potencia de trabajo	HP	115.50	99.40
Ductos (02) líneas	pulg	36"	
Condición del ducto	—	Fugas moderadas	
costo por energía	\$/año	43,500.00	36,000.00
	\$/hora	5.03	4.17

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 34

Análisis de curva de caudal y presión del ventilador inyector de 45Kcfm



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 35

Análisis de velocidad en el frente de operación vs caudal de ingreso y salida para ventiladores enseriados de 60 kcfm y 45 kcfm con 02 ductos de Ø 36"



Fuente: Mina Korymina S.A.C

El escenario 04, muestra los resultados de analizar la ventilación en serie, donde el ventilador inyector de 60 kcfm de 150 hp ventilará hasta 500 metros de longitud en horizontal hasta el by pass, y el ventilador de 45 kcfm de 125 hp trabajará como inyector con dos líneas de mangas de Ø 36" hasta el frente de avance. Se obtiene un caudal de salida en dicho frente mediante dos ductos de ventilación dispuestos en paralelo de 55,596 cfm, con una velocidad de 71.90 m/min. El defecto de los sistemas enseriados por medio de los pulmones o cámaras de aire en el by pass, es la recirculación de aire en el retorno del frente de avance, contaminando el frente y largas horas de ventilación para mantener limpio el aire del frente. A comparación del sistema enseriado uno tras otro o en cola, en donde no se llega a utilizar el by pass como cámara de aire; en estas condiciones el ventilador trabaja de mejor manera, pero deben ser de las mismas características ambos ventiladores para que puedan funcionar correctamente.

4.1.2.5. Selección de escenario adecuado para la ventilación en la zona Carmen Rosa “C”

Tabla 29

Análisis de costos de escenarios

Descripcion Caudal de suministro GAL-72-27S	Escenario N° 01			Escenario N° 02			Escenario N° 03			Escenario N° 04		
	Cant	und.	US\$	Cant	und.	US\$	Cant	und.	US\$	Cant	und.	US\$
1 Caudal necesario en la Gal-72-27S	19,667.96	CFM		19,667.96	CFM		19,667.96	CFM		19,667.96	CFM	
2 Caudal de ingreso VE-45 KCFM software	50,141.00	CFM		58,788.50	CFM		50,840.00	CFM		55,691.00	CFM	
3 Caudal de ingreso VE-60 KCFM software	0.00	CFM		0.00	CFM		60,000.00	CFM		60,000.00	CFM	
4 Caudal de Salida VE-45 KCFM software	19,780.00	CFM		22,809.00	CFM		42,832.00	CFM		55,596.00	CFM	
5 Caudal de Salida VE-60 KCFM software	0.00	CFM		0.00	CFM		47,260.00	CFM		53,548.00	CFM	
6 Velocidad en el frente de trabajo	25.60	m/min		29.50	m/min		58.20	m/min		107.45	m/min	
1 Ventilador de 45 Kcfm 125 Hp (incluye mantenimiento+Tablero+instalacion)	1	und	30,000	2	und	60,000	1	und.	60,000	1	und.	60,000
2 Ventilador de 60 Kcfm 150 Hp (incluye mantenimiento+Tablero+instalacion)	0	und	0	0	und	0	1	und.	72,500	1	und.	72,500
3 Costo de energía anual para ventilador de 60 kcfm 150 Hp	0	US\$/Hr	0	0	US\$/Hr	0	5.03	US\$/Hr	43,459	5.03	US\$/Hr	43,459
4 Costo de energía anual para ventilador de 45 kcfm 125 Hp	4.17	US\$/Hr	36,029	4.17	US\$/Hr	72,058	4.17	US\$/Hr	36,029	4.17	US\$/Hr	36,029
Costo de ventilacion			66,029			132,058			211,988			211,988
1 Manga de 36" Ø - 500 gr/m2 incluye acoples 24.65 \$/ml	1,200	m	29,580	1,200	m	29,580	600	m	14,790	450	m	11,093
2 Manga de 36" Ø - 500 gr/m2 incluye acoples 24.65 \$/ml	1,200	m	29,580	1,200	m	29,580	600	m	14,790	450	m	11,093
3 Manga de 36" Ø - 500 gr/m2 tipo "Y" incluye acoples 40.76 \$/und	1	m	41	0	m	0	0	m	0	0	m	0
4 Codos de ventilacion de 36" 1.5 ml	12	und	263	12	und	263	6	und	132	4	und	88
Costo Manga de ventilacion			US\$ 59,464			US\$ 59,423			US\$ 29,712			US\$ 22,273
1 Imprevistos 10%			12,549			19,148			24,170			23,426
Costo de intalacion			US\$ 138,042			US\$ 210,629			US\$ 265,869			US\$ 257,687

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Tabla 30*Selección técnica del escenario óptimo*

RESUMEN TÉCNICO-ECONÓMICO — SELECCIÓN DEL MEJOR ESCENARIO				
Ventilación GAL-72-27S Caudal requerido: 19,667.96 CFM				
Criterio	Escenario 01	★ Escenario 02	Escenario 03	Escenario 04
Caudal de salida total (CFM)	19,780.00	22,809.00	90,092.00	109,144.00
Cumple caudal requerido	SI	SI	SI	SI
Velocidad frente trabajo (m/min)	25.6	29.5	58.2	107.45
Velocidad adecuada (25-250 m/min)	SI	SI	SI	SI
Ventiladores propuestos	(01) 45KCFM	(02) 45KCFM	(01) 45KCFM+(01) 60KCFM	(01) 45KCFM+(01) 60KCFM
Configuración de ventilación	Un ventilador	Dos ventiladores en serie	Sistema mixto	Dos ventiladores en serie
Longitud de manga (m)	1,200	1,200	600	450
Costo ventilación (US\$)	66,029	132,058	211,988	211,988
Costo manga (US\$)	59,464	59,423	29,712	22,273
Imprevistos 10% (US\$)	12,549	19,148	24,170	23,426
Costo de Instalación (US\$)	138,042	210,629	265,869	257,687
Condición	Viable “Margen mínima”	Viable “Mejor escenario”	Sobredimensionado	Sobredimensionado

Fuente: *Elaboración Propia*

La evaluación de los cuatro escenarios de ventilación permitió determinar que todos alcanzan el requerimiento de aire calculado para la labor GAL-72-27S que requiere de 19,667.96 CFM y cumplen con el rango de velocidad establecido para labores con uso de ANFO (25-250 m/min). Sin embargo, las diferencias se evidencian en el margen de operación, la configuración de ventilación y el costo de instalación de cada alternativa.

El escenario 01 representa la alternativa de menor costo de instalación de US\$ 138,042.00 y una velocidad de 25.60m/min. No obstante, el margen disponible respecto al requerimiento calculado es reducido, por lo que constituye una alternativa viable con una holgura mínima de operación.

El escenario 02 obtiene un caudal de salida de 22,809 CFM y una velocidad de 29.50 m/min, manteniéndose dentro del rango normativo. De igual manera, el uso de dos ventiladores conectados en serie permite afrontar las pérdidas de presión que se producen por la longitud de las mangas, la fricción y las fugas presentes en el circuito de ventilación. Aunque su costo de instalación es superior al del escenario 01, presenta un mejor equilibrio entre desempeño técnico y costo, razón por la cual fue seleccionado como la mejor alternativa para la labor GAL-72-27S.

Por otro lado, los escenarios 03 y 04 alcanzan caudales considerablemente superiores al requerimiento calculado, manteniendo velocidades dentro del rango permisible; sin embargo, el incremento de capacidad implica mayores costos de instalación sin representar un beneficio técnico proporcional para las condiciones de la labor evaluada. Por ello ambas alternativas fueron consideradas sobredimensionadas.

4.2. Resultados respecto a los objetivos específicos para la mejora de condiciones

Las deficiencias identificadas en el desarrollo de la galería GAL-72-27S, corresponden principalmente a bajas concentraciones de oxígeno y registros de CO que exceden los límites admisibles máximos permisibles, evidenciando que las condiciones actuales de ventilación no satisfacen los requerimientos establecidos por el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Frente a esta situación, se evaluaron cuatro escenarios de ventilación mediante simulación, considerando el comportamiento del flujo atmosférico y rapidez frente al área operativa, la configuración de ventilación y los costos asociados a cada alternativa. Los resultados obtenidos permitieron seleccionar el Escenario 02 como el mejor escenario de ventilación para la labor GAL-72-27S, debido a que satisface el requerimiento de aire de 19,667.96 CFM, mantiene una velocidad de 29.50 m/min dentro del rango normativo para labores con uso de ANFO (25–250 m/min) y presenta el mejor equilibrio entre desempeño técnico y costo de instalación. En consecuencia, este escenario

constituye la alternativa más conveniente para el mejoramiento del estado ventilatorio del sector analizado.

Tabla 31

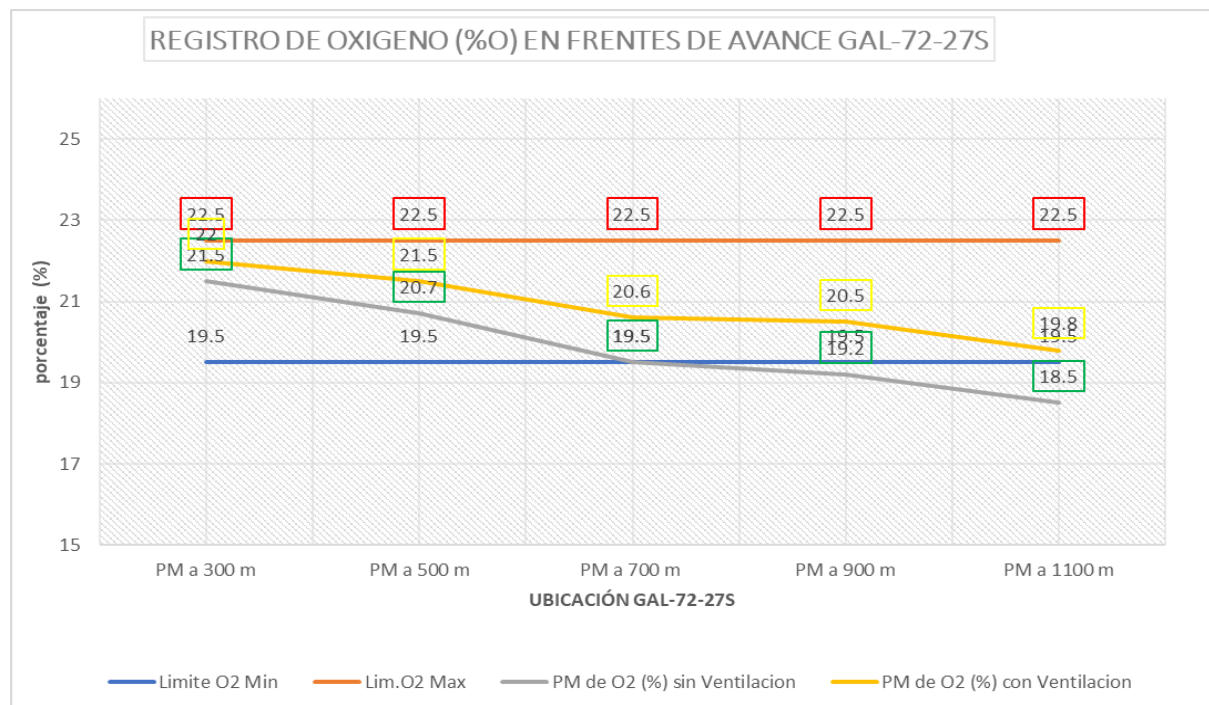
Monitoreo de oxígeno (O_2) en escenario base y escenario simulado

ZONA CARMEN ROSA "C" GAL-72-27S				
Est.	Limite O2 Min	Lim.O2 Max	PM de O2 (%) Escenario base	PM de O2 (%) Escenario Simulado
PM a 300 m	19.5	22.5	21.5	22
PM a 500 m	19.5	22.5	20.7	21.5
PM a 700 m	19.5	22.5	19.5	20.6
PM a 900 m	19.5	22.5	19.2	20.5
PM a 1100 m	19.5	22.5	18.5	19.8

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 36

Niveles de oxígeno (O_2) en interior mina, escenario base y escenario simulado



Fuente: Mina Korymina S.A.C

Tabla 32

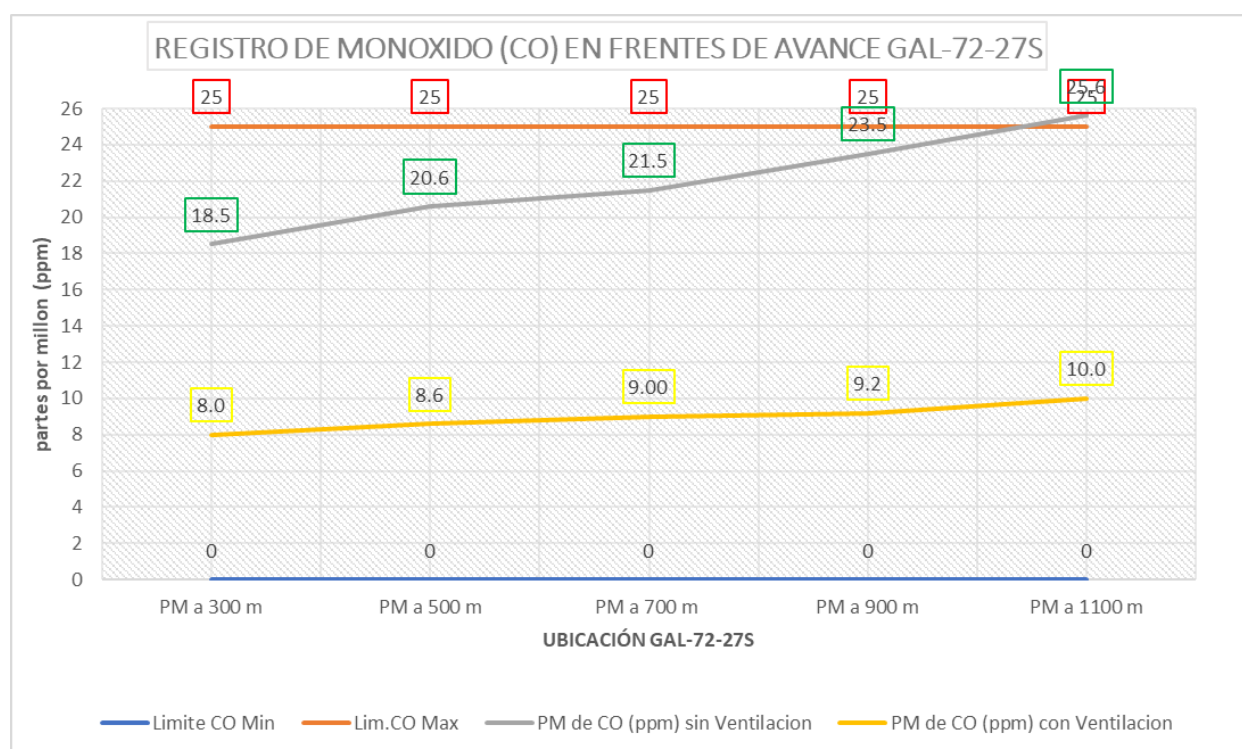
Niveles de monóxido de carbono (CO) en el escenario base y escenario simulado

ZONA CARMEN ROSA "C" GAL-72-27S				
Est.	Limite CO Min	Lim.CO Max	PM de CO (ppm) Escenario base	PM de CO (ppm) Escenario simulado
PM a 300 m	0	25	18.5	8.0
PM a 500 m	0	25	20.6	8.6
PM a 700 m	0	25	21.5	9.00
PM a 900 m	0	25	23.5	9.2
PM a 1100 m	0	25	25.6	10.0

Fuente: Mina Korymina S.A.C

Figura 37

Niveles de monóxido de carbono (CO) en el escenario base y escenario simulado.



Fuente: Mina Korymina S.A.C

El entorno térmico del sector mejora significativamente mediante la ventilación aplicada, ya que permite brindar condiciones seguras de trabajo y, además, cumplir con la

normativa vigente. Las tablas 31 y 32 evidencian resultados relevantes respecto a la mejora de los niveles de oxígeno y CO en la mina manteniéndose dentro de los límites máximos permisibles.

4.3. Costos de ventilación

La propuesta de ventilación para la labor GAL-72-27S, correspondiente al Escenario 02, presenta un costo operativo mensual estimado de US\$ 13,998, distribuido en cinco componentes principales. La amortización de la inversión representa el mayor costo, con US\$ 6,371.53 mensuales; seguida de la mano de obra, con US\$ 3,300; el gasto eléctrico generado por ambos ventiladores de 45 KCFM, con US\$ 2,126; el mantenimiento y reposición de componentes, con US\$ 1,900; y, finalmente, el monitoreo y la seguridad, con US\$ 300 mensuales. Esta distribución evidencia que la mayor incidencia económica corresponde a la recuperación de la inversión inicial, mientras que las actividades de monitoreo y seguridad representan el menor costo, aunque son indispensables a fin de cumplir las exigencias reglamentarias de protección laboral minera (Tabla 33).

Tabla 33*Costos de ventilación x mes*

COSTO OPERATIVO MENSUAL DE VENTILACIÓN — GALERIA GAL-72-27S				
Caudal requerido: 19,667.96 CFM Mejor Escenario Seleccionado: Escenario 02				
Ventiladores: (02) Ventiladores de 45 KCFM – 125 HP Manga: 1,200 m Caudal: 22,809 CFM				
Componente de Costo	Base de Cálculo	Costo Unitario (US\$/h)	Costo/mes (US\$)	Observaciones
1. AMORTIZACIÓN DE INVERSIÓN				
Amortiz. ventiladores	Inv. US\$ 132,058 / 120 meses	\$ 132,058	\$ 1,100.48	Vida útil: 10 años
Amortiz. mangas (1200 m)	Inv. US\$ 59,423 / 12 meses	\$ 59,423	\$ 4,952	Reposición anual
Amortiz. instalación civil	Inv. US\$ 19,148 / 60 meses	\$ 19,148	\$ 319.13	Imprevistos/civil: 5 años
SUBTOTAL AMORTIZACIÓN			\$ 6,371.53	
2. ENERGÍA ELÉCTRICA				
Ventilador 45KCFM (aprox. 30 kW)	30 kW × 8.5 hr × 30 días	\$ 4.17	\$ 1,063	Costo de energía: US\$ 4.17 /h
Ventilador 45KCFM (aprox. 30 kW)	30 kW × 8.5 hr × 30 días	\$ 4.17	\$ 1,063	Costo de energía: US\$ 4.17 /h
SUBTOTAL ENERGÍA			\$ 2,126	
3. MANO DE OBRA				
Ingeniero de ventilación	1 ingeniero especializado	\$ 1,500	\$ 1,500	Salario referencial
Operador / ayudante	2 operadores turno	\$ 900	\$ 1,800	Salario referencial
SUBTOTAL MANO DE OBRA			\$ 3,300	
4. MANTENIMIENTO Y REPUESTOS				
Mantenimiento ventiladores	PM mensual ambos equipos	\$ 350.00	\$ 1,400	Preventivo + correctivo
Repuestos y consumibles	Rodamientos, aceites, filtros	\$ 200.00	\$ 200	Stock mínimo mensual
Reposición parcial mangas	Desgaste y roturas mensuales	\$ 150.00	\$ 300	~5% reposición mensual
SUBTOTAL MANTENIMIENTO			\$ 1,900	
5. MONITOREO Y SEGURIDAD				
Detector de gases (amortización - alquiler)	Multigás CO/CH ₄ /O ₂	\$ 150.00	\$ 150	Normativa seguridad
Mediciones y calibraciones	Anemómetro + registros	\$ 150.00	\$ 150	Verificaciones caudales
SUBTOTAL MONITOREO			\$ 300	
COSTO TOTAL MENSUAL — ESCENARIO 02			\$ 13,998	Costo operativo mensual estimado

Fuente: Mina Korymina S.A.C

CONCLUSIONES

- 1) El diagnóstico técnico de la ventilación en la zona Carmen Rosa “C” determinó que la principal deficiencia se relaciona con la distribución y conducción del aire hacia las labores de explotación. De acuerdo con el balance de aire presentado en la Tabla 20, se determinó un requerimiento de 19,667.96 CFM, frente a un caudal global de ingreso de 41,349.95 CFM y salida de 38,032.04 CFM, obteniéndose un desbalance de 8.02 %. Aunque existe disponibilidad global de aire, las condiciones evaluadas evidencian que este debe ser adecuadamente conducido hacia la GAL-72-27S conforme aumenta su longitud, complementándose el diagnóstico con el control de las condiciones de calidad del aire.
- 2) La evaluación comparativa de los cuatro escenarios permitió seleccionar el escenario 2 como la alternativa técnicamente más favorable para la GAL-72-27S, conforme al análisis comparativo de escenarios y a la selección técnica desarrollada en las Tablas 29 y 30. La alternativa está conformada por dos ventiladores auxiliares de 45 KCFM y 125 HP dispuestos en serie, configuración que proporciona capacidad suficiente para cubrir la demanda de aire hasta los 1,200 m, sin presentar el margen reducido del escenario 1 ni el sobredimensionamiento observado en los escenarios 3 y escenario 4.
- 3) Los resultados obtenidos mediante simulación para el escenario 2, complementados con la evaluación de las condiciones ambientales presentada a partir de la Tabla 31, muestran que la alternativa seleccionada permite cubrir el requerimiento de aire de 19.667,96 CFM. Para una longitud de 1,200 m, la simulación alcanza un caudal de salida de 22,809 CFM y una velocidad de 29.50 m/min. La evaluación de la calidad del aire presentada en las tablas correspondientes al monitoreo de oxígeno y monóxido de carbono permite diferenciar las condiciones diagnosticadas de aquellas proyectadas mediante simulación. En consecuencia, los resultados sustentan

técnicamente la capacidad de la alternativa para abastecer el frente de trabajo, sin implicar su implementación física en la mina

- 4) La propuesta de mejoramiento de la ventilación determinó que el escenario 2 presenta el mejor equilibrio técnico-económico para la GAL-72-27S, al alcanzar 22,809 CFM y una velocidad de 29.50 m/min, proporcionando un margen favorable respecto al requerimiento de 19,667.96 CFM, sin llegar al sobredimensionamiento de las alternativas de mayor capacidad (escenario 3 y escenario 4). Asimismo, frente a la alternativa de menor inversión (escenario 1), ofrece mejores condiciones operativas. Considerando la inversión estimada de USD 210,629.00, presentada en la Tabla 35, se sustenta su selección como la alternativa más conveniente para el mejoramiento de la ventilación de la labor.

RECOMENDACIONES

Re-01; Al área de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA) se le recomienda efectuar de manera continua el monitoreo de gases en distintos puntos estratégicos de la mina para resguardar la integridad del personal.

Re-02; Al área de ventilación minera se le sugiere implementar un sistema preventivo de mantenimiento de equipos de ventilación, así como efectuar Una evaluación prolongada del circuito ventilatorio durante las actividades extractivas.

Re-03; Al área de geomecánica; se recomienda realizar estudios geomecánicas en las labores de apertura de nuevos frentes de trabajo y zonas donde se encuentran ubicados las ventiladoras de suministro, dado que si hubiese estallido de rocas se produciría pérdidas económicas y afectaría el sistema de ventilación.

Re-04; Al área de operaciones mina; se recomienda realizar trabajos conjuntamente con las áreas mencionadas para evitar retrasos del rendimiento productivo en distintos horizontes temporales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Minería, Sena, Ministerio de Trabajo y Ministerio de Minas y Energía.
(2017). *Guia de Seguridad para Ventilacion de Minas Subterraneas*. Bogota: Positiva
Compañía de Seguros.
- Camargo Diaz, G., & Segura Galindo, D. E. (2023). *Desarrollo de una Chimenea de Ventilacion en una Mina Ubicada al Centro del Peru Aplicando el Sistema Raise Boring*. Pontificia Universidad Catolica del Peru Facultad de Ciencias e Ingenieria, Lima.
- Dueñas Chumbe, E. J. (2023). *Aplicacion del Metodo de Perforacion Raise Boring Para la Construcccion de Chimenea de Ventilacion en la U.P. Alpayana*. Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo.
- Fernandez, V. (2015). Raise Boring. En *Sistema de Excavacion*. Madrid: Departamento Técnico Pedraplus.
- Hidalgo Blas, J. R. (2024). *Mejoramiento del sistema de ventilación con la construcción de una chimenea e implementación de ventiladores en la mina Chalhuanne Arequipa*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion , Cerro de pasco.
- INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO. (1996). *Geologia de los cuadrangulos de putina y rinconada*. Lima, Peru: Fimart S.A.
- Jimenez Ascanio, P. (2011). *Ventilacion de Minas y Tuneles*. Lima: Instituto de Ingenieros del Peru.

- Medina Quezada, C. A. (2021). *Estudio Comparativo Tecnico Economico de Diseño de Chimenea, Caso Chimenea Mina Pajonales (Manual-Alimak-Raise Boring)]*. Repositorio Institucional Unab, Concepcion.
- MINEM, D.S. N° 024-2016 Y Modificaciones D.S. N° 034-2023-EM. (2023). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Lima: El Peruano.
- Paladines, S., Valerazo, M., & Figueroa, E. (2003). *Preparacion del Bloque Esmeralda para Explotacion de la Asociacion de Desarrollo Minero Nivel 0, de la Parroquia Huertas Canton Zaruma]*. Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Rodas Ortiz, J., & Morena Avila Christian. (2021). *Chimeneas Principales y su Influencia en el Sistema de Ventilacion de la Unidad Minera Santander - Huaral*. 2021: Universidad Cesar Vallejo; Escuela Academica Profesional de Ingenieria de Minas.
- Soler , P. (2019). *Conceptos Basicos De Ventilacion*. Lima.

ANEXOS

ANEXO N° 01

ASPECTOS GENERALES DEL YACIMIENTO

Geología del yacimiento

Geología local

Formación Sandia

La unidad litoestratigráfica más antigua del Paleozoico en los cuadrángulos de Putina y La Rinconada, lo conforma la Formación Sandía (Ordoviciano medio). Fue definida inicialmente por Laubscher (1978) en el valle de Sandía, con un espesor aproximado de 3,000 m, constituida por una secuencia detrítica de cuarcitas, entrelazadas con niveles de pizarras negras. (Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996)

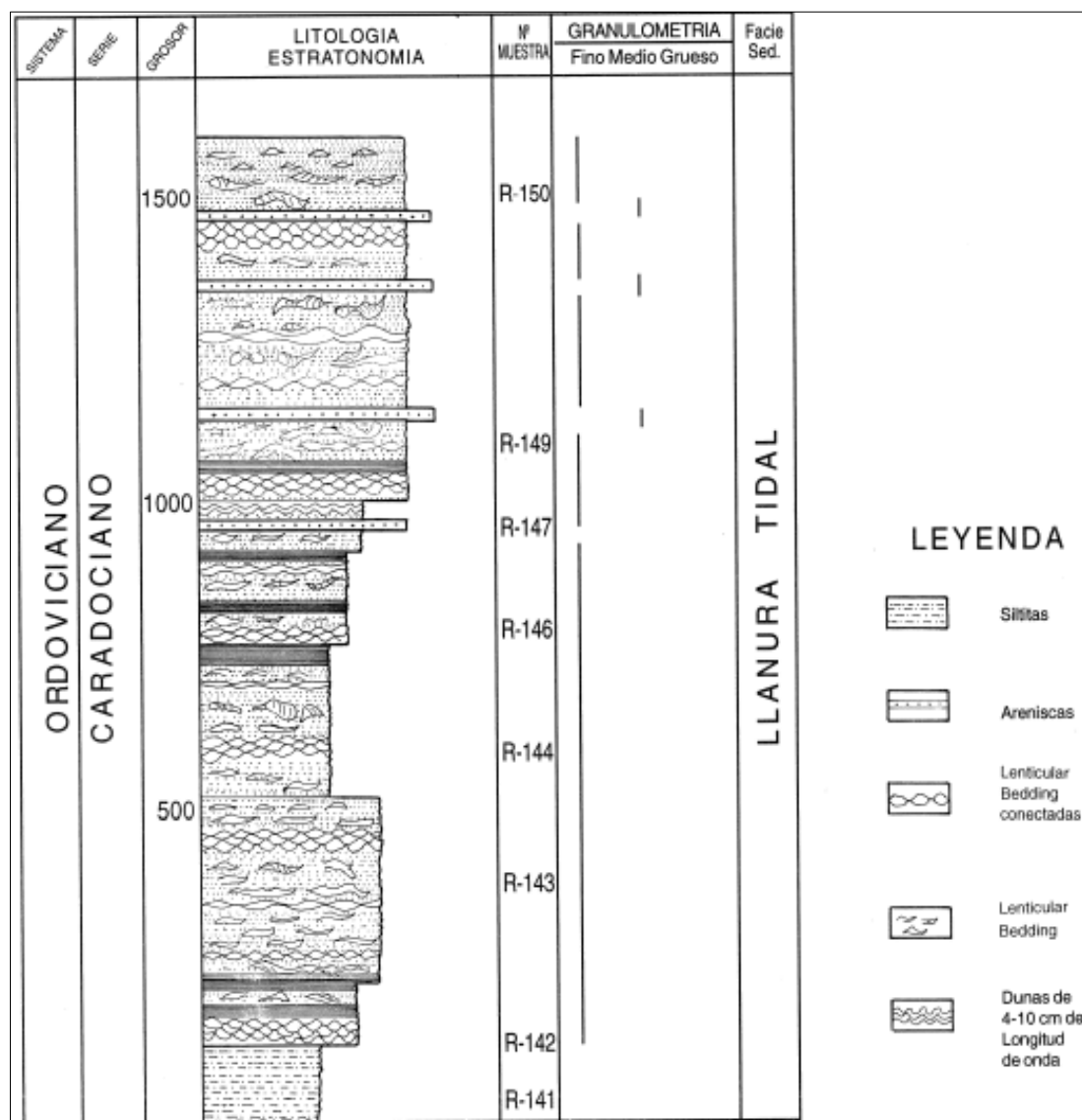
Esta unidad aflora ampliamente en la parte norte del cuadrángulo de La Rinconada. Por el lado Norte, continúa con el cuadrángulo de Sandía; por el lado Este, continúa hasta la frontera con Bolivia; por el lado Sur, pasa por los alrededores de Pantini, La Rinconada, laguna Comini, Pararani, nevado Chapi, nevado Jorge Chávez, llegando hasta el nevado Salluyo en la frontera con Bolivia. En el cuadrángulo de Putina, continúa hacia el nevado Nacaria, en los cerros Queochimpa y Tambillo. (Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996).

Sus estructuras sedimentarias internas son muy variadas, formando microdunas de 4 a 20 cm de longitud de onda; también "lenticular bedding", unas conectadas y otras sin conectar, presentan laminaciones paralelas, niveles de reactivación arcillosa dentro de los niveles de areniscas.

Hacia la parte superior, los bancos de areniscas de color gris plomo varían de 2 a 5 m de grosor, intercalándose sil titas negras que alcanzan entre 10 a 40 cm. En sección delgada, se observa que se trata de areniscas de grano fino, con microdunas cuyas longitudes de onda alcanzan los 10 cm, también con laminaciones paralelas. La esquistosidad no las afecta, debido a su carácter refractario, mientras que las siltitas desarrollan una esquistosidad ligeramente paralela a la foliación.

Figura 38

Estratigrafía formación sandia



Fuente: Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996

Formación Ananea

Laubscher (1978) la denominó así en la Cordillera Oriental, donde comprende una extensa secuencia de esquistos metamórficos. En La Rinconada, esta unidad se concentra en la zona central y se extiende por las laderas occidentales de las altas cumbres de la Cordillera Oriental. Los afloramientos más representativos se encuentran en Ccalaccumu, Condorquiña, Cuncca y Choquechambi; también abarcan las cabeceras de la quebrada Iscaycruz, junto con Riti Urmasca, Caballune, Palomani y la vía hacia Sina, entre Chocñocota y dicho abra; Exposiciones discontinuas aparecen cerca de Trapiche, ocultas por depósitos fluvioglaciares; asimismo, se observan hacia el extremo nororiental del cuadrángulo de Putina, Huarumaña, Ananea, Coliorco y el nevado Ñacaria, las elevaciones de Queochimpa, Yanoloma y Minascucho, junto con los sectores ubicados al norte de Pacharia y Saracucho.

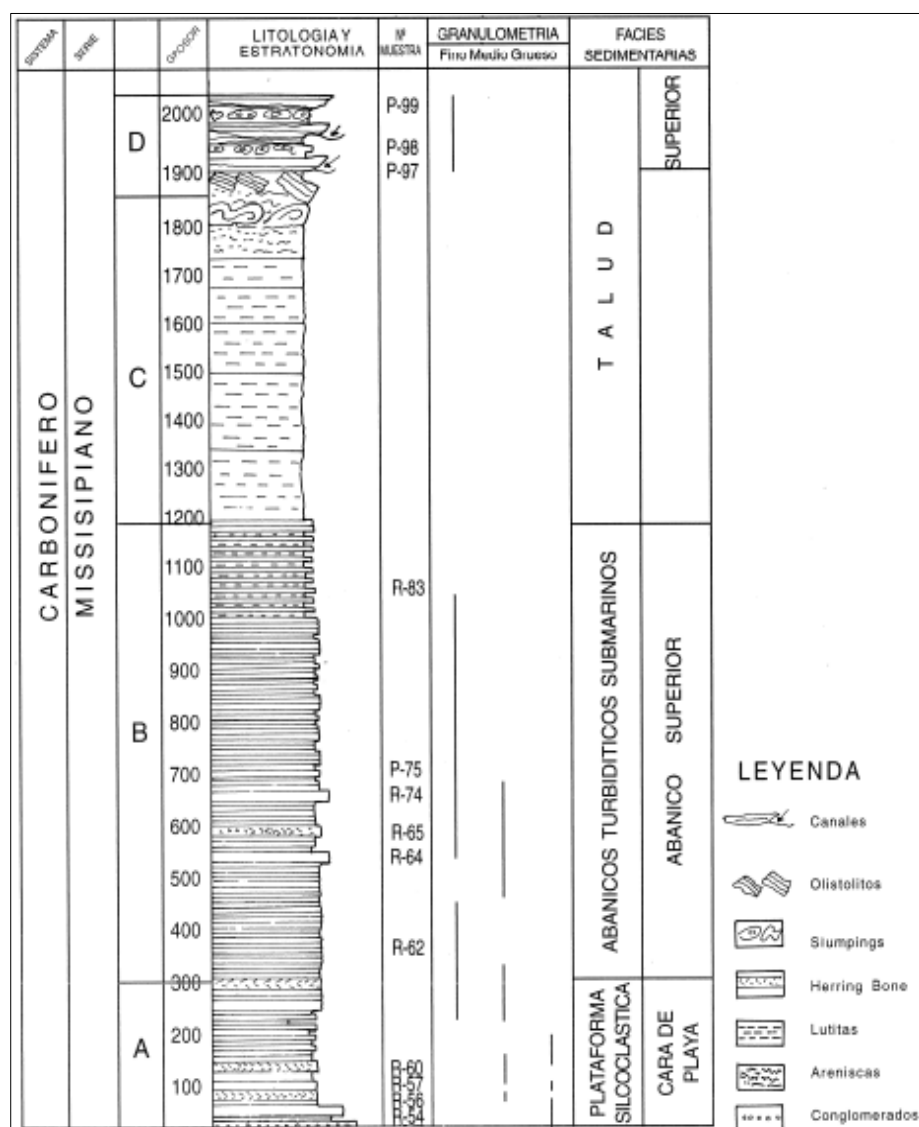
Esta formación está constituida por pizarras negras homogéneas, organizadas en bancos de 20–80 cm. La columna registrada entre Iscaycruz y Cunea alcanza aproximadamente 500 m de potencia. El análisis microscópico evidencia una alternancia micrométrica de siltitas muy finas, compuestas por moscovita, cuarzo, sericita y clorita finamente cristalizados, afectadas por un metamorfismo regional leve de facies epizonal. La formación presenta delgadas intercalaciones de areniscas masivas de grano fino, con espesores de 20–40 cm. La secuencia paleozoica superior incluye Ambo, Tarma y Copacabana; cabe precisar que el Grupo Mitu se encuentra ausente; sin embargo, podría estar presente por debajo de los derrames de ignimbritas hacia el sector centro-norte de Putina, debido a su continuidad en el cuadrángulo vecino de Limbani ha sido Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996

Grupo Ambo

Su exposición geológica se localiza en la precordillera de Carabaya, hacia el NE de Cambria, comprendiendo Surapata, Huallatune, Laramani, Yanaccacca y Antacahuacunca, la unidad aparece cerca de la mina Choquene y el cerro Calacruz; igualmente, ocupa una banda centro-oriental entre Millusur, Pirhuani y Lavani, extendiéndose desde Suchita hacia oriente, prosiguiendo hacia La Rinconada (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1996).

Figura 39

Estratigrafía grupo ambo

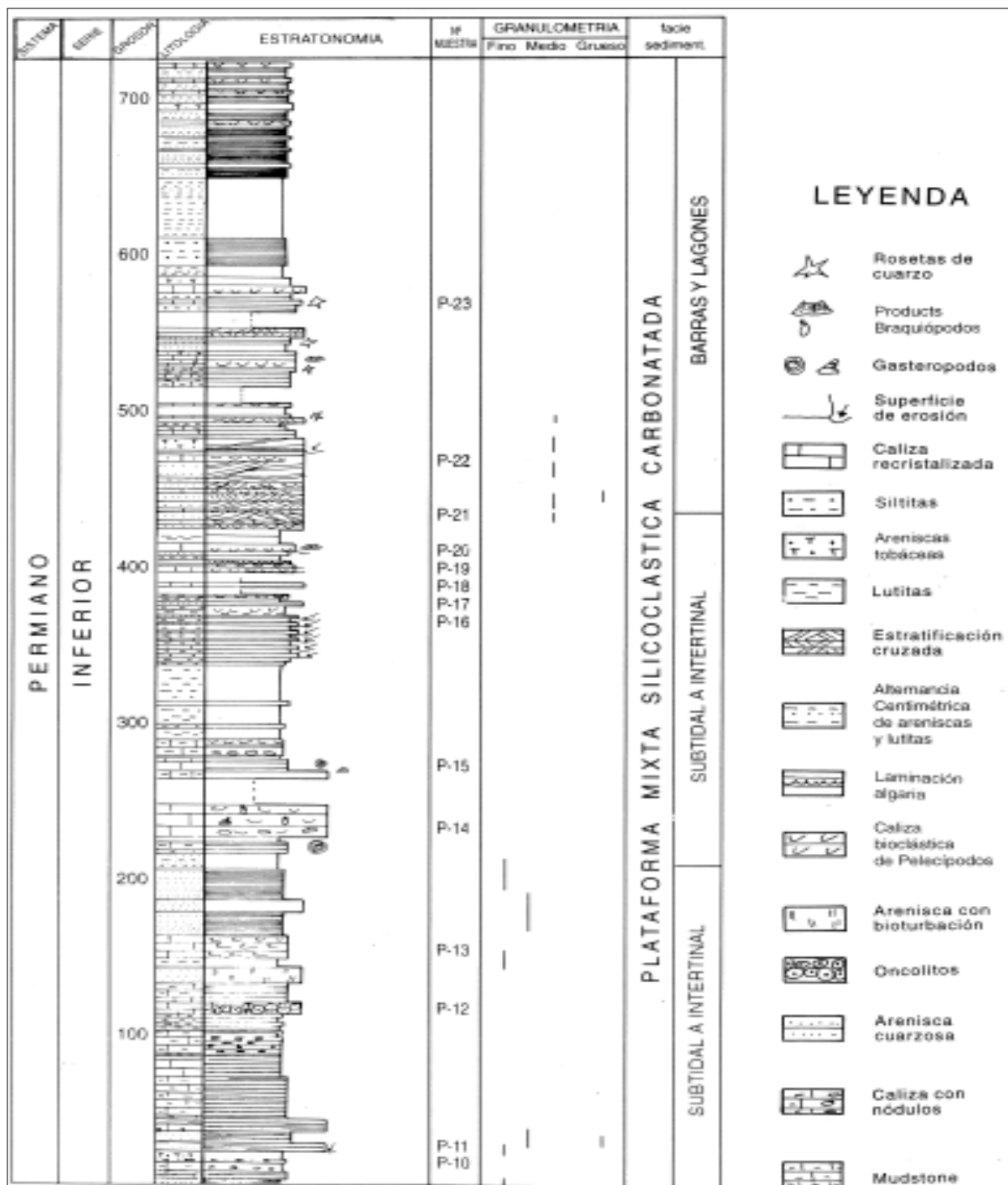


Fuente: Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996

Grupo Copacabana

En la zona analizada, este grupo aflora a lo largo de la precordillera del Carabaya, en una franja que va del Condorchullo a través de los Pupusani, Calacruz, Colini, Chullunquiani hasta la esquina NO del cuadrángulo de Putina, donde hay que notar que la estructura de los afloramientos está complicada por una falla cabalgante hacia el SO.

La relación inferior con Tarma es progresiva, identificándose en la Qda. Jarca punca y entre el Sombreruni y el Pupusani, situados en el NO del cuadrángulo de Putina. No se observa un límite superior con el Grupo Mitu debido a su ausencia en el sector analizado. El espesor de esta unidad, medido en Yanasalla, alcanza los 720 m. En este lugar, no se observa el contacto superior ni inferior y su estudio aquí fue debido a su mejor exposición. La unidad está constituida por calizas, areniscas y lutitas, cuyos colores varían de violáceos a rojizos hacia los niveles superiores (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1996)

Figura 40*Estratigrafía grupo Copacabana***Fuente:** *Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996*

Geología estructural

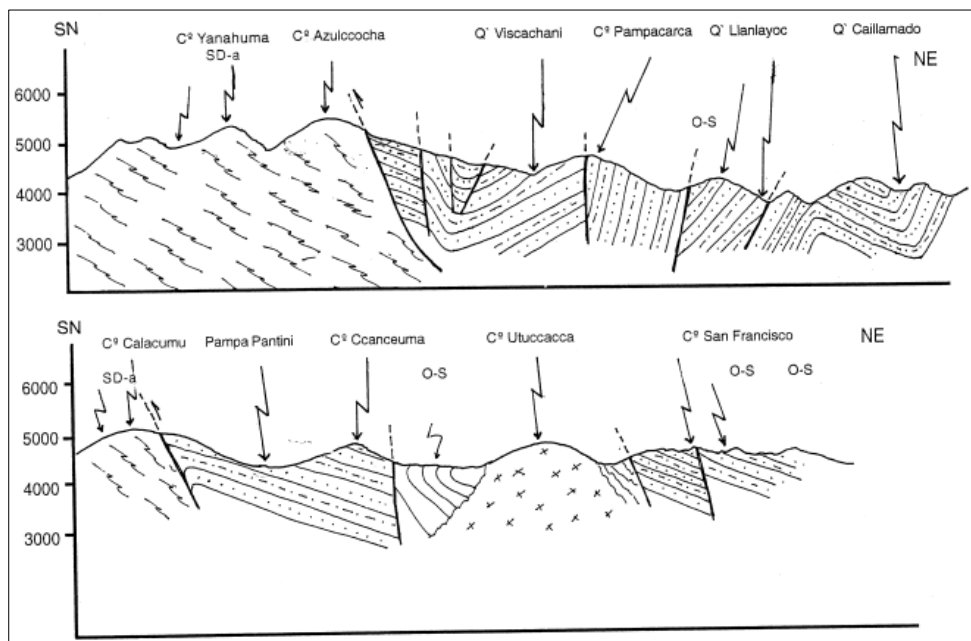
Pliegues y Fallas

El Paleozoico inferior representado por la Formación Sandía, está compuesto Litológicamente, comprende una sucesión regular de areniscas y siltitas de grano muy fino, afectada por pliegues anticlinales y sinclinales de rumbo NO-SE, con planos axiales suavemente inclinados al NE, en concordancia con la orientación tectónica de la Cordillera Oriental. La deformación está interrumpida por fallas inversas de disposición casi vertical, con orientación similar y buzamientos NO-SO, originando bloques que complican la correlación de las secuencias sedimentarias.

El anticlinal Potoni se localiza en el centro de La Rinconada y muestra una configuración asimétrica, con plano axial buzante al NE. Fallas subverticales afectan su flanco oeste, dando lugar a bloques estructurales discontinuos. (Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996).

Fallas

En Sandía, los fallamientos alcanzan un desarrollo notable; corresponden mayormente a estructuras inversas de alto y bajo ángulo, orientadas NO-SE y con buzamiento hacia el SE. La naturaleza rígida de la Fm. Sandia favorece la formación de bloques tectónicos, cuyos movimientos verticales no pueden determinarse con precisión ante la limitada presencia de niveles guía. Las fallas NE-SO constituyen un segundo sistema, poco desarrollado y de menor importancia relativa. Junto a las estructuras mayores aparecen micropliegues de arrastre, cuyos ejes presentan rumbo N 152° E. La Fm. Ananea presenta un patrón similar, con fallas orientadas NO-SE y estructuras transversales asociadas (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1996).

Figura 41*Fallas y pliegues-minas rinconada***Fuente:** Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996***Geología económica***

Estos depósitos se ubican en dos zonas importantes:

Ananea-Pampa blanca: que se distribuyen en las hojas de Putina y La Rinconada originados por la erosión, transporte y sedimentación de fragmentos rocosos con oro en pepitas, charpas y partículas, acumulados en las morrenas frontales de Ananea, donde destaca principalmente.

Ancoccala-Chaquiminas: Se reconocen depósitos fluvio-glaciares con contenido aurífero irregular, derivados de Ñacaria y Ananea. Su distribución en Putina comprende los extremos de las morrenas y zonas de confluencia orientadas hacia el río Carabaya, en contacto con sedimentos morrénicos de Ancoccala, donde la removilización favorece una mayor concentración del oro.

Minas Korymina-Rinconada

Se ubican en el paraje de Rinconada, distrito de Ananea, por encima de los 5,000 metros de altitud. El acceso es por la carretera afirmada Putina-Ananea-Rinconada, teniendo una longitud entre Ananea- Rinconada de 15 km. Han sido trabajadas mediante labores subterráneas circunscritas a galerías, trincheras y piques. Se encuentran alojadas en vetas de cuarzo masivo con arsenopirita, pirita y oro en vetillas, además de presentar oro nativo diseminado dentro de pizarras intercaladas con areniscas de la Formación Ananea. Asimismo, se alojan en cuarcitas de la Fm. Sandia, constituyendo estas unidades los principales metalotectos del sector.

El grosor estimado es de 30 cm con leyes promedio de 0.5 onz/Tn. Aparece formando delgadas franjas milimétricas entre cristales de cuarzo. Debido a su distribución irregular, resulta difícil establecer su valor económico.

La mineralización venular es de naturaleza hidrotermal; los fluidos ascendieron aprovechando las cuarcitas, donde originaron vetas y mantos asociados temporalmente a la sedimentación del Paleozoico inferior; se les encuentra afectados por la Orogenia.

Figura 42

Unidades litoestratigráficas

PARTES				UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS
Escala Geológica	Escala de Tiempo	Escala de Altura	Escala de Distancia	CENOZOICA		
				CUATERNARIO	HOLOCENO	
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	100	Dep. Aluviales	Qh-al	Gravels and sands in matrix arenaceous, includes some gravels, deposits of colluvial debris
				Dep. Morénicos	Qpl-mo	Bluffs angular to subangular of recent sedimentary, metamorphic and volcanic, of diameter variable in matrix arenaceous
		INFERIOR	14	Fm. Aña Aña	Np-ar	(50 m.) Conglomerates polymictic of clasts subrounded to subangular, not classified in matrix arenaceous, intercalated with arenaceous limonite and limonitic grs. azules y rojas
				Fm. Vilquechico	Ks-vi	(300 m.) Arenaceous quartzites in strata mediane a gruesos intercalados con limonititas, margas y calizas biocásticas en estratos delgados
	CRETÁCEO	INFERIOR	18	Gpo. Moho	Kis-mo	(150 m.) Arenaceous de grano grueso a fino y limonititas rojas medianas, escasamente se intercalan delgadas
				Fm. Huancané	Ki-hu	(150 m.) Arenaceous cuarzosas blancas de grano medio a grueso con limonititas y limonititas rojas
	PERMIANO	SUPERIOR	200	Gpo. Copacabana	Pi-c	(100 m.) Calizas micriticas intercaladas con calizas biocásticas y oolíticas con presencia de <i>Astartella mesita</i> Girty, <i>Neospirifer D'ORBIGNY</i> , <i>Composita transversa</i> BRANSA, <i>Dilemma Sattelm</i> CHRONO, <i>Rhipidella</i> Girty D'ORBIGNY, <i>Palmatula</i> cf. <i>Terminalis</i> Girty y <i>Phacops</i> <i>Thyris</i> sp.
				Gpo. Tarma	Cs-t	(500 m.) Arenaceous feldspathic verdes, intercalados con limonititas rojas, limonititas grs. azules y rojas, limonititas grs. azules y rojas en estratos medianos a delgados
	CARBONIFERO	INFERIOR	250	Gpo. Ambo	Ci-a	(500 m.) Conglomerates polymictic (clasts de cuarzo leucocrato, cuarzo y pizarra) con estratificación oblicua, gradando a arenaceous cuarzosas de grano medio en estratos medianos a gruesos intercalados con limonititas rojas con presencia de <i>Hemiteles</i> <i>Thyris</i> cf. <i>H. albi</i>
				Fm. Ananes	SD-a	(500 m.) Pizarra y esquisto de cuarzo-muscovita-clorita grs. azules, limonititas y foliados
PALEOZOICA	SUPERIOR	430	430	Fm. Sandia	OS-s	(2.000 m.) Arenaceous y mica arenaceous grs. de grano fino, micaceous, finamente laminadas y pizarra (limonititas) con micaceous y laminación paralela

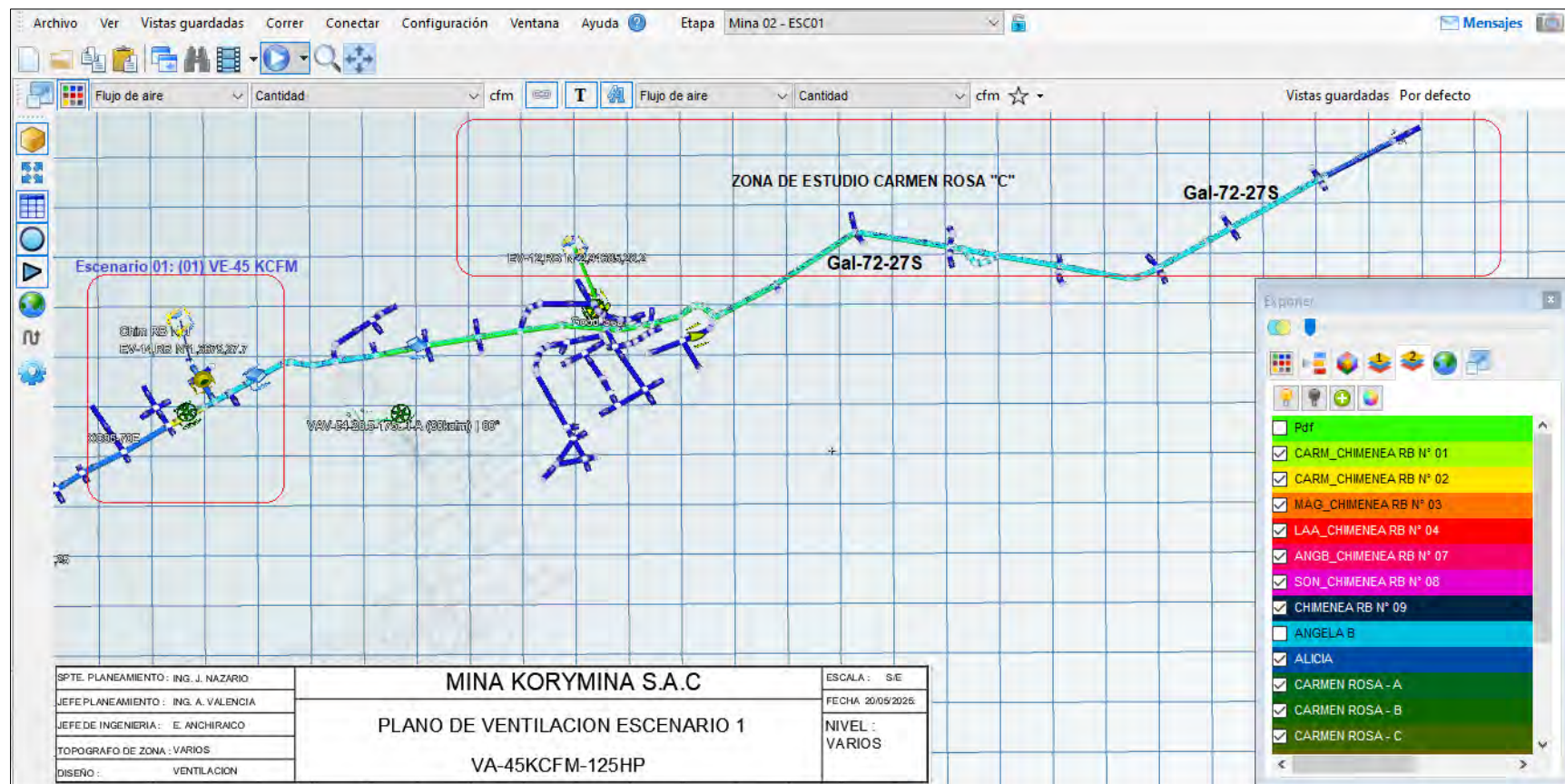
Fuente: Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996

Figura 43*Mapa geológico de la rinconada****Fuente:** Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 1996*

ANEXO 2

Figura 44

Escenario 01 de ventilación 01 ventilador de 45 kcfm – 125 HP

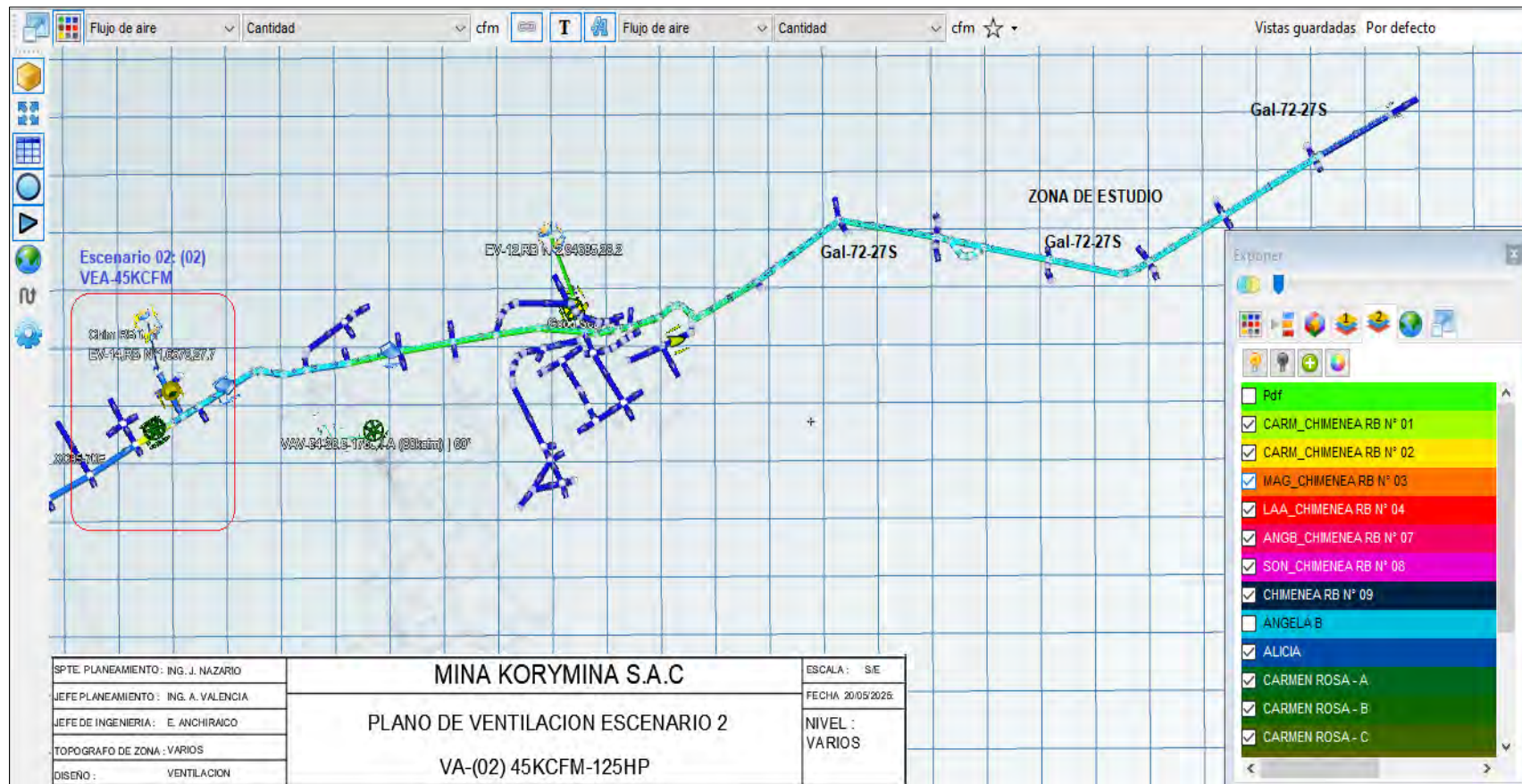


Fuente: *Mina Korymina S.A.C*

ANEXO 3

Figura 45

Escenario 02; (02) Ventiladores en serie de 45 KCFM – 125 HP

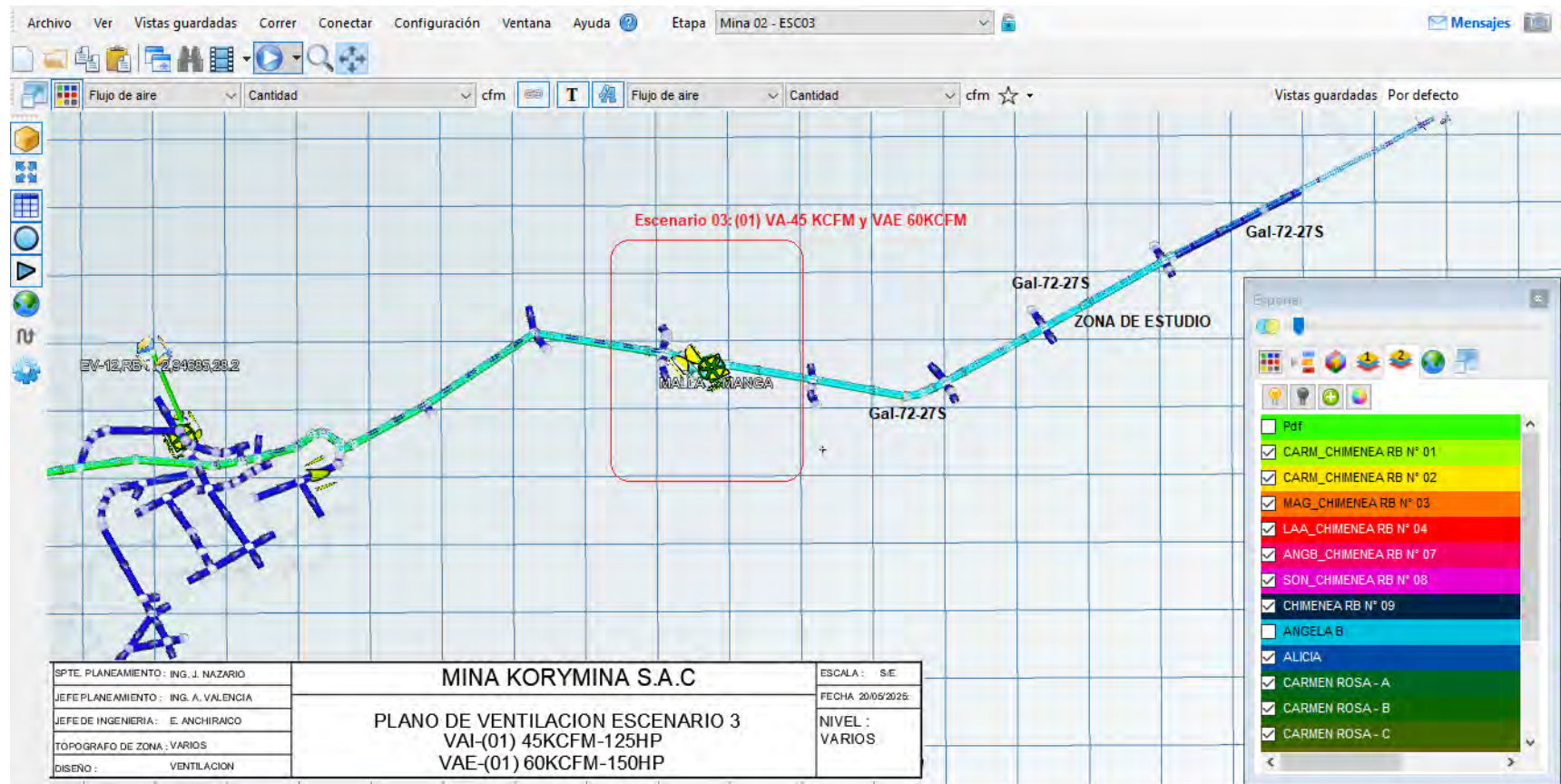


Fuente: Mina Korymina S.A.C.

ANEXO 4

Figura 46

Escenario 03; Ventilación mixta (01) ventilador 60 kcfm – 150 hp y (01) ventilador 45 KCFM – 125 HP

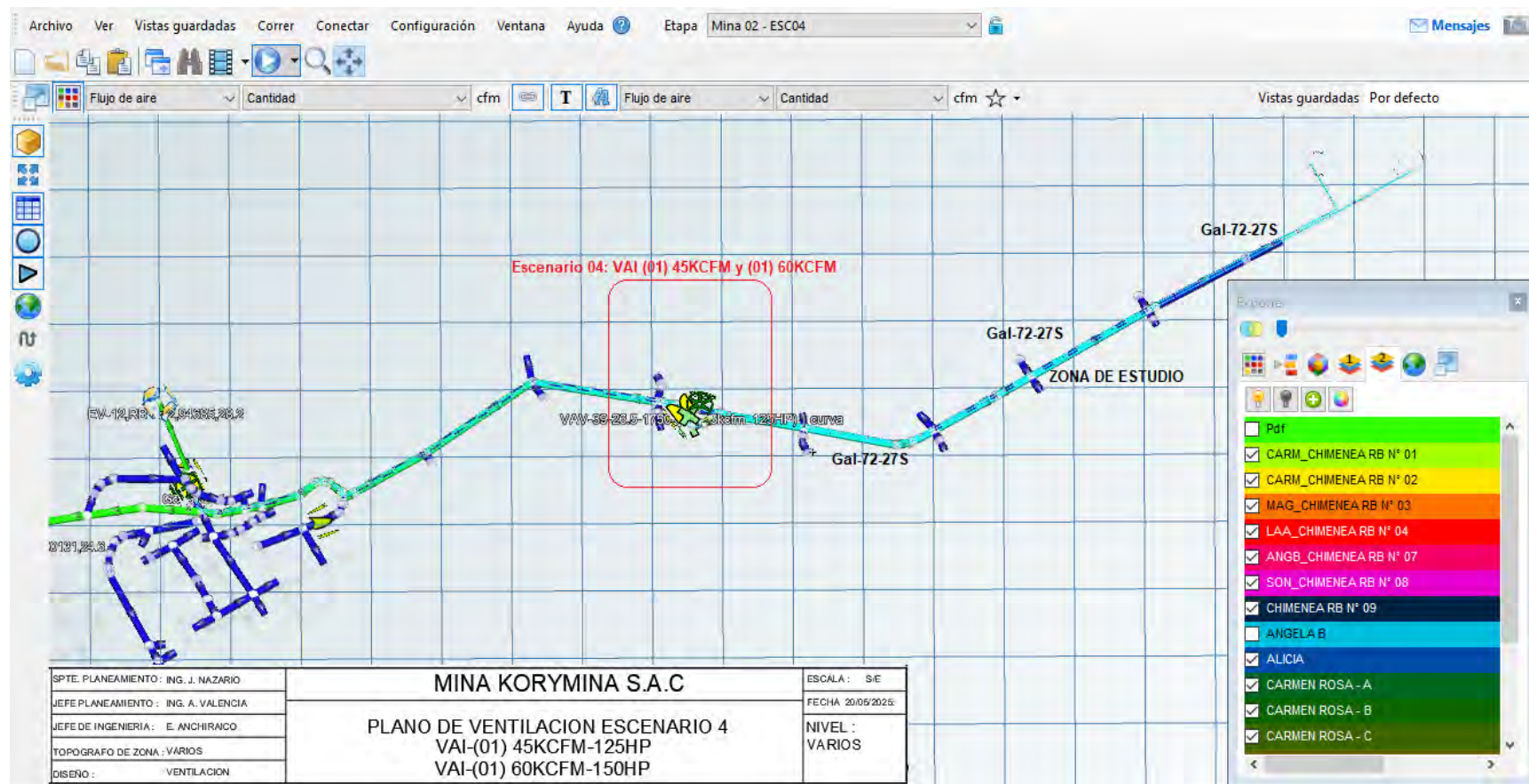


Fuente: Mina Korymina S.A.C

ANEXO 5

Figura 47

Escenario 04; (01) ventilador de 60 KCFM– 150 HP en serie a (01) ventilador de 45 KCFM – 125 HP



Fuente: Mina Korymina S.A.C

ANEXO 6

Panel fotográfico de actividades de la mina

Figura 48

Estudio de Campo, Zona Carmen rosa "C"



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 49

Accesos y sala de coordinacion



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 50

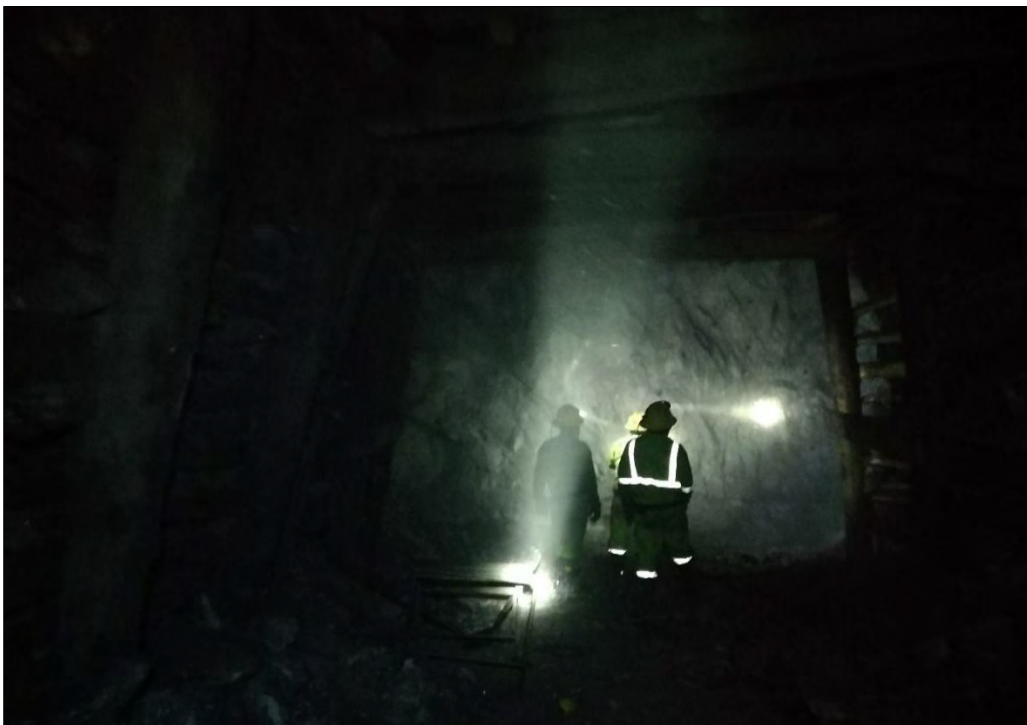
Mandas de ventilación y cámara de control.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 51

Frentes de trabajo en Galería, GAL-72-27S



Fuente: *Elaboración Propia.*

ANEXO 7

Matriz de Consistencia

<u>“MEJORAMIENTO DE LA VENTILACIÓN PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA ZONA CARMEN ROSA “C” EN LA MINA KORYMINA SAC – PUNO”</u>						
<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPOTESIS GENERAL</u>	<u>Variable dependiente</u>	<u>Dimension</u>	<u>Indicadores</u>	<u>Unidades</u>
¿Cómo se puede mejorar la ventilación en la zona Carmen Rosa C de la mina Korymina SAC para garantizar un ambiente de trabajo seguro y eficiente?	Desarrollar e implementar un plan de mejoramiento de la ventilación en la zona Carmen Rosa C de la mina Korymina SAC para optimizar la salud, seguridad y productividad de los trabajadores	La implementación de un sistema de ventilación mejorado en la zona Carmen Rosa C de la mina Korymina SAC incrementará la calidad del aire y reducirá los riesgos a la salud de los trabajadores	Calidad de aire y condiciones ambientales optimas	Niveles de contaminantes	Oxígeno (O2)	%
					Dioxido de Carbono (CO2)	ppm
				Condiciones termoambientales	monóxido de carbono (CO)	ppm
					Temperatura Ambiental (°C)	°C
					Humedad relativa (%)	%
<u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u>	<u>OBJETIVO ESPECIFICOS</u>	<u>HIPOTESIS ESPECIFICOS</u>	<u>Variable Independiente</u>	<u>Dimension</u>	<u>Indicadores</u>	<u>Unidades</u>
¿Cuáles son las principales deficiencias del sistema de ventilación actual en la zona Carmen Rosa C?	Identificar y analizar las deficiencias del sistema de ventilación existente	Las deficiencias identificadas en el sistema de ventilación actual pueden ser subsanadas mediante la implementación de un diseño más eficiente.		Diseño del circuito de ventilacion	Caudal de aire	m3/seg
					Velocidad del aire	m/seg
¿Qué tecnologías o métodos de ventilación podrían implementarse para optimizar la calidad del aire en la mina?	Evaluar y seleccionar tecnologías de ventilación adecuadas para mejorar la circulación de aire en la mina.	La adopción de tecnologías avanzadas de ventilación mejorará significativamente la circulación del aire y, por ende, la calidad del ambiente laboral.	Mejoramiento del Sistema de Ventilacion		Temperatura Ambiental (°C)	°C
					Eficiencia de ventilador	%
¿Cuál es el impacto del estado actual de la ventilación en la salud y seguridad de los trabajadores en la zona de explotación?	Evaluar el impacto de las mejoras en la ventilación sobre la salud y el rendimiento laboral de los trabajadores.	Las mejoras en la ventilación reducirán la incidencia de enfermedades respiratorias y aumentarán la satisfacción y productividad de los trabajadores.		Selección de Ventiladores		
					Capacidad de Ventilador	CFM