

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA MINA 1, EN EL NIVEL - 25 U.E.A MARÍA TERESA DE LA COMPAÑÍA
MINERA COLQUISIRI S.A. HUARAL - LIMA**

PRESENTADO POR:

Br. CRISPIN MANTILLA TUIRO

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

ASESOR:

Dr. FLORENTINO YANA JAHUIRA

CUSCO-PERU

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION PARA LA AMPLIACION DE LA MINA 1, EN EL NIVEL -25 U.E.A MARIA TERESA DE LA COMPAÑIA MINERA COLQUISIRI S.A. HUARAL - LIMA

Presentado por: CRISPIN MANTILLA TURO DNI N° 48238570

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 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

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

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

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

Cusco, 13 de MAYO de 2025


Firma

Post firma FLORENTINO YANO C. TORRES

Nro. de DNI 23962852

ORCID del Asesor 0000-0002-7369-4416

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:458741183

Crispin Mantilla Tuiro

MEJORAMIENTODESISTEMAVENTILACIONPARALAAMPLIACION DE LA MINA 1.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:458741183

Fecha de entrega

13 may 2025, 12:31 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

13 may 2025, 12:40 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

MEJORAMIENTODESISTEMAVENTILACIONPARALAAMPLIACION DE LA MINA 1.pdf

Tamaño de archivo

7.1 MB

172 Páginas

32.633 Palabras

158.639 Caracteres

10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 25 words)

Exclusions

- 54 Excluded Sources

Top Sources

- 9%  Internet sources
- 2%  Publications
- 8%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**
39 suspect characters on 10 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

A Dios

Dedico esta tesis especialmente a Dios todo poderoso por haberme dado las fuerzas de voluntad y sabiduría para llegar a concretar esta tan anhelada meta.

A Mis Padres

Por su apoyo incondicional en la elaboración de presente proyecto de Tesis brindándome fuerzas de voluntad en los momentos más difíciles de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios; por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A la Universidad Nacional San Antonio Abade del Cusco; en especial a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas, que me permitió formarme profesionalmente y así también agradecer a los docentes académicos quienes me apoyaron en mi formación profesional.

A mi madre, padre y hermanos; que con su esfuerzo y sacrificio pude concretar satisfactoriamente mis estudios universitarios y así mismo el desarrollo de este proyecto de tesis. También, agradecer al ingeniero Florentino Yana Jahuira, mi asesor que desde la etapa inicial me ha apoyado de manera incondicional para dar logro al presente proyecto.

Crispín Mantilla Tuiro

RESUMEN

El propósito del proyecto es diseñar el sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1, en el Nivel -25, U.E.A María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri, mediante asignación de ventiladores en diferentes puntos estratégicos con la finalidad de abastecer cantidad de aire necesario en dicho nivel. Por ello como primera actividad a desarrollar fue, diagnóstico y la evaluación integral del sistema de ventilación de la U.E.A. María Teresa y como segunda actividad fue realizar los respectivos levantamientos de campo a detalle en interior Mina y en las comunicaciones a superficie, como el caudal de entrada y salida de aire, velocidad y temperatura durante el mes de diciembre del 2023 a marzo del 2024 a partir de ello se da inicio con la simulación de los 3 escenarios asignados, que tentativamente dan solución al sistema de ventilación en el Nivel -25, de los cuales se asigna una sola alternativa que mejor se adecua al sistema de ventilación en el nivel -25, según el software Ventsim 5.4. y toda esta actividad se desarrolló en los meses de abril a julio del 2024. Y finalmente se da las conclusiones y recomendaciones correspondientes que son el resultado de análisis de los datos obtenidos en campo y procesados en gabinete y de igual manera son resultados que arrojo el software Ventsim 5.4.

Palabras claves: Sistema de Ventilación, caudal de ingreso de aire, caudal de salida de aire, requerimiento de aire, desbalance, cobertura, superávit, diseño de sistema de ventilación.

ABSTRACT

The purpose of the project is to design the ventilation system for the expansion of Mine 1 on Level -25, U.E.A. María Teresa of the Colquisiri Mining Company, by assigning fans at different strategic points in order to supply the necessary amount of air at said level. Therefore, the first activity to be developed was the diagnosis and comprehensive evaluation of the ventilation system of the U.E.A. María Teresa. And as a second activity, the respective detailed field surveys were carried out inside the Mine and in the communications to the surface, such as the air inlet and outlet flow, speed and temperature during the month of December 2023 to March 2024. From then on, the simulation of the 3 assigned scenarios begins, which tentatively provide a solution to the ventilation system at Level -25, of which a single alternative is assigned that best suits the ventilation system at level -25, according to the Ventsim 5.4 software. And all this activity was developed in the months of April to July of this year. And finally, the corresponding conclusions and recommendations are given, which are the result of the analysis of the data obtained in the field and processed in the office and are also results provided by the Ventsim 5.4 software.

Keywords: Ventilation system, air inlet flow, air outlet flow, air requirement, imbalance, coverage, surplus, ventilation system design.

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
CONTENIDO GENERAL	vi
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE GRAFICOS	xiv
INDICE DE MAPAS	xiv
INDICE DE FIGURAS	xiv
ANEXOS	xv
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	1
INTRODUCCION	3
CAPITULO I.....	5
PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION	5
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	5
1.2. Formulación del problema.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos	6
1.3. Objetivos de la investigación	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Justificación del estudio	7
1.5. Alcances y Limitaciones de la Investigación	8
1.6. Hipótesis	8
1.6.1. Hipótesis general	8
1.6.2. Hipótesis específico	8
1.7. Variables e Indicadores.....	9
1.8. Metodología del procesamiento	9
1.9. Ámbito de Estudio	10
1.10. Tipo de Investigación	11

1.11. Nivel de Investigación	11
1.12. Población y muestra	11
CAPITULO II	12
MARCO TEORICO	12
2.1. Antecedentes de la Investigación	12
2.1.1. A nivel Internacional	12
2.1.2. A nivel nacional	13
2.2. Marco legal	15
2.3. Base Teórica	20
2.3.1. Ventilación de Minas	20
2.3.2. Aire de Minas	20
2.3.2.1. Contaminantes en interior Mina	21
2.3.3. Caudal y flujo de aire en la Mina	23
2.3.4. Caída de presión en interior Mina	25
2.3.5. Velocidad del flujo de aire en interior Mina	28
2.3.6. Ventilación en frentes de trabajo	28
2.3.7. Ventilación artificial	29
2.3.7.1. Ventiladores Axiales	29
2.3.7.2. Ventiladores centrífugos	30
2.3.8. Acople de ventiladores	32
2.3.9. Ventilación natural	34
2.4. Marco conceptual	36
2.5. Marco contextual	37
2.5.1. Ubicación	37
2.5.2. Clima	38
2.5.3. Accesibilidad	38
2.6. Geología	39
2.6.1. Geología regional	39
2.6.2. Geología local	40

2.6.2.1. Grupo Casma.....	40
2.6.2.2. Depósitos cuaternarios	41
2.6.3. Geología estructural.....	45
2.6.4. Geología económica	45
2.6.4.1. Características de yacimiento	45
2.6.4.2. Alteraciones hidrotermales	46
2.7. U.E.A María Teresa Mina Colquisiri S.A.	47
2.7.1. Reservas de mineral probadas y probables.....	47
2.7.1.1. Reservas probadas.....	47
2.7.1.2. Reservas probables	47
2.7.2. Método de explotación y diseño de labores	48
CAPITULO III	50
PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION	50
3.1. Sistema de Ventilación actual de la Mina 1	50
3.2. Zonas operativas Mina 1- Compañía Minera Colquisiri S.A.	54
3.2.1. Cobertura de aire en la Zona Sofia “D”	54
3.2.1.1. Requerimiento de aire por trabajadores (QTr)	54
3.2.1.2. Requerimiento de aire por equipos petroleros (QEq).....	55
3.2.2. Cobertura de aire en la zona Sofia “C”	58
3.2.2.1. Requerimiento de aire por trabajadores (QTr)	58
3.2.3. Cobertura de aire en la zona Charito	60
3.2.4. Balance zonal de cobertura de aire - MINA 1	61
3.3. Diagnostico modelo Ventsim 5.4. Actual	63
3.3.1. Parámetros ambientales	63
3.3.2. Calibración del modelo 3D en software Ventsim Design 5.4.....	64
3.3.2.1. Correlación por Caudales y Aforos - Mina 1	64
3.3.2.2. Resumen de la red actual de la Mina 1.....	66
3.3.2.3. Potencia eléctrica instalada en la Mina Colquisiri S.A.	67
3.3.2.4. Costo de energía anual en la Mina Colquisiri S.A.....	68

3.3.2.5. Distribución de pérdidas de energía	69
3.3.2.6. Curva característica de resistencia de la Mina 1.....	70
3.4. Sistema de ventilación proyectado a corto plazo	71
3.4.1. Requerimiento de aire necesario para el Nivel -25	71
3.4.1.1. Requerimiento de aire por trabajadores (QTr)	72
3.4.1.2. Requerimiento de aire por consumo de madera (QMa).....	73
3.4.1.4. Requerimiento de aire por temperatura (QTe).....	77
3.4.1.5. Requerimiento de aire por fugas (QFu)	78
3.4.1.6. Requerimiento de aire por consumo de explosivo (QEx).....	79
3.4.2. Requerimiento total de aire necesario para el Nivel -25.....	80
3.4.3. Balance de aire para ventilar en el Nivel -25.....	80
3.4.4. Cobertura de aire de la zona SOFIA D + NIVEL -25.....	81
CAPITULO IV.....	82
ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	82
4.1. Propuesta de escenarios de sistema de ventilación en el Nv -25	82
4.1.1. Escenario 1	83
4.1.2. Escenario 2	87
4.1.2.1. Sub escenario N° 1 - Nivel -25 con la rampa 130-08S.....	88
4.1.2.2. Sub escenario N° 2 - Nivel -25 con la rampa 135-131S.....	90
4.1.3. Escenario 3	94
4.1.3.1. Sub escenario N° 1 - NIVEL -25 con la rampa 130-08S	95
4.1.3.2. Sub escenario N° 2 - Nivel -25 con la rampa 135-131S.....	97
4.2. Resumen general de cobertura de los 3 escenarios- Mina1 + Nv-25....	102
4.2.1. Resumen general de cobertura de los 3 escenarios - NIVEL -25 ..	102
4.3. Velocidades de aire en los 3 escenarios - NIVEL -25	103
4.3.1. Velocidad de aire para escenario 1 - ventilador de 80kcfm.....	103
4.3.1.1. Eficiencia del ventilador VAV-54-26.5-1750-I de 80,000 CFM	103
4.3.2. Velocidad de aire para escenario 2 - Ventilador de 80kcfm	106
4.3.2.1. Eficiencia del ventilador VAV-54-26.5-1750-I de 80kcfm	106
4.3.3. Velocidad de aire para escenario 3 – 2 Ventiladores de 45kcfm ...	109

4.3.3.1. Eficiencia de los ventiladores de 45kcfm en el escenario 03 ..	109
4.4. Resultados de velocidades de los 3 escenarios propuestos	113
4.5. Análisis de parámetros técnicos de perforación y voladura	114
4.5.1. Diseño de malla de perforación y voladura	114
4.5.2. Cálculo del costo por metro en cruceros, galerías y rampas	118
4.6. Costo de sistema de ventilación para la ampliación del nivel -25	120
4.6.1. Análisis de costo CAPEX y OPEX para escenario 1	120
4.6.1.1 Costo de capital (CAPEX)	120
4.6.1.2. Costo de operación (OPEX)	121
4.6.2. Análisis de costo CAPEX y OPEX para escenario 2	122
4.6.2.1. Costo de capital (CAPEX)	123
4.6.2.2. Costo de operación (OPEX)	123
4.6.3. Análisis de costo CAPEX y OPEX para escenario 3	125
4.6.3.1. Costo de capital (CAPEX)	125
4.6.3.2. Costo de operación (OPEX)	126
4.7. Resumen de inversión para los 3 escenarios propuestos	127
4.8. Comparación de los 3 escenarios de ventilación – Nivel -25	127
4.9. Evaluación económica de retorno de Inversión	130
4.9.1. Plan de producción de la Mina Colquisiri S.A.	130
4.9.2. Ingreso proyectado por año	130
4.9.3. Costo de capital (CAPEX)	132
4.9.4. Costo de capital (OPEX)	134
4.9.5. Costos de producción	135
4.9.6. Flujo de caja del proyecto de Inversión	136
4.9.7. Periodo de recuperación de la inversión (PAYBACK)	138
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	141
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	142

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Variables e Indicadores	9
Tabla N° 2: Coordenadas UTM de la Mina Colquisiri S.A.	37
Tabla N° 3: Accesibilidad Hacia la Mina Colquisiri S.A.	39
Tabla N° 4: Caudal de ingreso a la Mina 1	52
Tabla N° 5: Caudal de salida de la Mina 1	52
Tabla N° 6: Resumen total de Ingreso y salida de caudal de aire	54
Tabla N° 7: Requerimiento de Caudal de aire para personal en Sofia “D”	55
Tabla N° 8: Requerimiento de aire para equipos petroleros en Sofia “D”	56
Tabla N° 9: Cobertura de aire en la zona Sofia D	57
Tabla N° 10: Requerimiento de aire para personal en Sofia “C”	58
Tabla N° 11: Requerimiento de aire para equipos Diesel en Sofia “C”	59
Tabla N° 12: Cobertura de aire en la zona Sofia “C”	59
Tabla N° 13: Cobertura de aire en la zona “Charito”	61
Tabla N° 14: Balance zonal de cobertura de aire en la Mina 1	62
Tabla N° 15: Parámetros ambientales Ventsim 5.4.	63
Tabla N° 16: Desbalance de la correlación de caudales	66
Tabla N° 17: Resumen de la red actual de la Mina 1	67
Tabla N° 18: Resumen de potencia instalado del Modelo actual	68
Tabla N° 19: Resumen de costo de energía anual del modelo actual	69
Tabla N° 20: Caudal de aire por persona en el Nivel -25	73
Tabla N° 21: Factor de Producción	74
Tabla N° 22: Caudal por Consumo de Madera en el Nivel -25	74
Tabla N° 23: Caudal por consumo de equipos diesel en el nivel -25	76
Tabla N° 24: Velocidad mínima de aire por temperatura en el Nivel -25	77

Tabla N° 25: Calculo de sección promedio para el nivel -25	77
Tabla N° 26: Calculo de caudal de aire por temperatura en el nivel -25	77
Tabla N° 27: Caudal por Fugas en el Nivel -25	78
Tabla N° 28: Ecuación de Novitsky	79
Tabla N° 29: Caudal de aire requerido en el Nivel -25	80
Tabla N° 30: Resumen de requerimiento de Aire para el Nivel-25	81
Tabla N° 31: Cobertura de Aire Zonal	81
Tabla N° 32: Resumen de la red sistema Mina 1- Escenario 1	85
Tabla N° 33: Resumen de la red del sistema Nivel -25 – Escenario 1	86
Tabla N° 34: Resumen de potencia Mina 1- Escenario 1	87
Tabla N° 35: Resumen de la red del sistema Mina 1- Escenario 2	92
Tabla N° 36: Resumen de la red del sistema Nivel -25 – Escenario 2	93
Tabla N° 37: Resumen de potencia Mina 1- Escenario 2	94
Tabla N° 38: Resumen de la red del sistema Mina 1- Escenario 3	99
Tabla N° 39: Resumen de la red del sistema Nivel -25 - Escenario 3	100
Tabla N° 40: Resumen de potencia Mina1 – Escenario 3	101
Tabla N° 41: Resumen de los 3 Escenarios de la Mina 1 + Nivel -25	102
Tabla N° 42: Resumen de los 3 Escenarios para el Nivel -25	102
Tabla N° 43: Resumen de velocidad estipulada por la normativa con relación a la eficiencia del ventilador asignado	113
Tabla N° 44: Parámetros de diseño de malla de perforación	114
Tabla N° 45: Características de explosivos empleados	115
Tabla N° 46: Longitud de perforación	115
Tabla N° 47: Malla de perforación - características	116
Tabla N° 48: Distribución de explosivos	117

Tabla N° 49: Calculo de costo/metro-linial en cruceros rampas y galerías	118
Tabla N° 50: Parámetros técnicos de construcción de rampas y cruceros	119
Tabla N° 51: Costo CAPEX.....	121
Tabla N° 52: costo OPEX.....	122
Tabla N° 53: Costo capex	123
Tabla N° 54: costo opex.....	124
Tabla N° 55: Costo CAPEX.....	125
Tabla N° 56: costo OPEX.....	126
Tabla N° 57: Resumen de inversión.....	127
Tabla N° 58: Tabla final comparativo – Nivel -25	129
Tabla N° 59: Plan de producción proyectada.....	130
Tabla N° 60: Datos Metalúrgicos.....	130
Tabla N° 61: Ingreso proyectado por venta de Zinc	131
Tabla N° 62: Ingreso proyectado por venta de Cobre	131
Tabla N° 63: Ingreso proyectado por venta de Plomo.....	131
Tabla N° 64: Ingreso proyectado total por año	132
Tabla N° 65: Costo de labores proyectados en promedio	132
Tabla N° 66: Costo de inversión de equipos	133
Tabla N° 67: Costo total CAPEX	133
Tabla N° 68: Costo total OPEX	134
Tabla N° 69: Costos de producción.....	135
Tabla N° 70: Flujo de caja anualizado.....	136
Tabla N° 71: Balance de ingresos y egresos por año	137
Tabla N° 72: Indicadores financieros.....	137
Tabla N° 73: Periodo de recuperación	138

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1: Enseriado de 2 ventiladores	33
Gráfico N° 2: Instalación de dos ventiladores en paralelo	34
Gráfico N° 3: Labores de ingreso de aire fresco	53
Gráfico N° 4: Labores de salida de aire viciado	53
Gráfico N° 5: Correlación de ingresos y salidas de aire Mina 1	65
Gráfico N° 6: Distribución de pérdidas de energía actual.....	69
Gráfico N° 7: Curva de resistencia de la Mina 1.....	70
Gráfico N° 8: Curva de operación de ventilador para escenario 1	104
Gráfico N° 9: Curva de operación de ventilador para escenario 2	107
Gráfico N° 10: Curva de operación del ventilador para escenario 3 Nv -25 ...	110
Gráfico N° 11: Curva de operación del ventilador para escenario 3 Nv -25 ...	111
Gráfico N° 12: Periodo de recuperación.....	138

INDICE DE MAPAS

Mapa N° 1: Ubicación de la Mina Colquisiri S.A.....	38
---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ventilador Axial	30
Figura N° 2: Ventilador Centrifugo.....	31
Figura N° 3: Columna Estratigráfica	43
Figura N° 4: Mineralización Mina Colquisiri S.A.	44
Figura N° 5: Propuesta del escenario N° 1 en el nivel -25	84
Figura N° 6: Sub escenario 1- Nivel -25 con la rampa 130-08S.....	89
Figura N° 7: Sub escenario 2 - Nivel -25 con la Rampa 135-131S.....	91
Figura N° 8: Sub escenario 1 - Nivel -25 con la rampa130-08S.....	96

Figura N° 9: Sub escenario 2 - Nivel -25 con la rampa 135-131S.....	98
Figura N° 10: Simulación de velocidad de aire para Escenario 1.....	105
Figura N° 11: Simulación de velocidad de aire para escenario 2.....	108
Figura N° 12: Simulación de velocidad de aire para escenario 3.....	112
Figura N° 13: Trazo de malla de perforación.....	117

ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de Consistencia
ANEXO N° 2: Inventario de Ventiladores
ANEXO N° 3: Panel Fotografico
ANEXO N° 4: Plano Circuito de Sofia “D”
ANEXO N° 5: Plano Circuito de Sofia “C”
ANEXO N° 6: Plano Circuito Charito
ANEXO N° 7: Plano Circuito NIVEL -25

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Pa: Pascal, Unidad internacional de presión, que corresponde a 1Newton por metro cuadrado ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$)

cfm: Unidad que mide la cantidad de aire que pasa por un punto de medición en un minuto.

Kcfm: Miles de pies cúbicos por minuto.

Q: Caudal de aire, desplazamiento en una unidad de tiempo de una cierta cantidad de aire expresada en cfm o m^3/min .

HP: Capacidad efectiva de potencia de motor de equipos Diésel.

RPM: Revoluciones por minuto, numero de vueltas por minuto de un motor.

DM: Disponibilidad mecánica de los equipos diésel, se expresa en porcentaje (%).

FU: Factor de utilización de los equipos diésel, se expresa en porcentaje (%).

FA: Factor de corrección por altitud aplicados a equipos diésel, se expresa en porcentaje (%).

BM: Bocamina, punto de acceso o salida al interior de la mina por medio de una galería o pozo.

RB: Raise Boring, labor minera mayormente vertical o inclinada de sección circular, conectando 2 niveles. En donde el nivel inferior siempre es en el interior de la mina y el superior puede ser en el interior o en la superficie.

RC: Raise Climber, labor vertical o inclinada de sección cuadrada o circular, que

comunica 2 niveles de trabajo. Desarrollados por un sistema mediante jaulas y rieles ya sea de manera ascendente como descendente.

RPa: Rampa, labor minera compuesta por una calzada, berma y cuneta con una pendiente positiva o negativa.

PQ: Pique, acceso o salida al interior de la mina a través de un pozo vertical.

XCR: Crucero, labor minera horizontal que se desarrolla sobre roca estéril.

GAL: Galería, labor minera horizontal que se desarrolla sobre mineral.

BP: Baipás, labor minera horizontal que se desarrolla sobre roca estéril.

NV: Nivel, labor minera horizontal que se desarrolla sobre mineral o roca estéril.

EST: Estocada, labor minera horizontal que se desarrolla sobre roca estéril.

INTRODUCCION

La U.E.A. “María Teresa”, perteneciente a la Empresa Minera Colquisiri S.A., a través del área de ventilación de Mina se realizará una evaluación del sistema de ventilación del Nivel -25, con el fin de conocer las condiciones ambientales y la infraestructura actual que disponen, y así conocer de cerca los circuitos de ventilación que las comprenden, con ello, se lograra elaborar la Propuesta Técnica y Económica del sistema de ventilación en el Nivel-25. Asimismo, la U.E.A. “María Teresa”, está conformada por (02) zonas de producción: “Mina 1”, que aporta el 77% de la producción total, principalmente del cuerpo “Sofía D” y la otra denominada “Mina 2”, que aporta el 23% restante. Ambas minas, se vienen explotando mediante el método de Taladros Largos (TL), con minado mecanizado, en cuerpos mineralizados de gran potencia, teniendo como producto final concentrados de Zn, Cu y Pb. La producción actual de la U.E.A. “María Teresa”, es de 2,000 TMHD (60,000 TMH/mes), con un avance de 500 ml/mes. En la “Mina 1”, se cuenta con 2 cuerpos operativos “Sofía D” y “Sofía C”, que van en el orden aproximado de 100 a 163 m en la cota topográfica, y el cuerpo “Charito”, que actualmente se encuentra en proceso de relleno. En la “Mina 2”, se cuentan con 2 cuerpos en operación: “Sonia”, desde el NV 120 al NV 191 y “Ángela B” que va desde el NV 49 hasta el NV 121, y el cuerpo “Magaly”, que se encuentra en relleno.

Esta investigación propone 4 capítulos desarrollados según se muestra a continuación:

El Capítulo I: Propone la PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION, en donde se tocan los siguientes temas: formulación del problema, objetivos, justificación, hipótesis y la operacionalización de variables.

El Capítulo II: Propone el MARCO TEÓRICO, en donde se detallan las bases teóricas y el marco legal correspondiente. La investigación propuesta se centra en el análisis de las condiciones ambientales para una determinada cantidad de personas y equipos proyectados, con el fin de simular distintos escenarios y elegir el que arroje mejores condiciones ambientales, mecánicas, eléctricas y económicas, pero siempre tomando en cuenta el marco contextual, conceptual y la geología de la Mina.

El Capítulo III: Propone el PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION, en donde se realiza la toma de datos necesarios y útiles en campo. Seguidamente se desarrolla el modelamiento y la calibración en 3D del sistema de ventilación actual. Para luego continuar con la simulación para el plan a corto plazo, en los 3 escenarios propuestos en el nivel -25, asignando ventiladores en diferentes puntos estratégicos del nivel y para cada escenario.

El Capítulo IV: Propone el ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS, en donde se elegirá el mejor de los 3 escenarios propuestos de ventilación, considerando que el aire suministrado para tal nivel sea optimo, que la velocidad de aire sea de 25 m/min por uso de ANFO, que los ventiladores asignados funcionen en óptimas condiciones y el costo de inversión sea mínimo.

Finalizando el estudio concluye con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION

1.1. Descripción de la realidad problemática

La Mina Colquisiri en la U.E.A. María Teresa aplica en sus operaciones de producción el método de explotación de corte relleno ascendente y la forma de explotación de taladros largos, principalmente del cuerpo “Sofía D”, con minado mecanizado, en cuerpos mineralizados de gran potencia, teniendo como producto final concentrados de Zn, Cu y Pb.

La ventilación de minas en minería subterránea es una de las operaciones fundamentales para un proceso del ciclo de minado optimo, donde se garantiza las condiciones de trabajo seguro y cumplan las normativas vigentes en los decretos supremos N° 024 del 2016-EM y su respectiva modificatoria de la 023-2017 EM, esto en cuanto se refiere a la distribución de la cantidad y calidad del aire requerido.

La Mina Colquisiri S.A. se encuentra en constante producción y frente a la necesidad de aperturar nuevos frentes de trabajo que implicaría el incremento de producción para la Mina, el departamento de operaciones Mina iniciara trabajos en el Nivel -25, nivel que se encuentra en la zona Sofia D en la Mina 1, donde será necesario ampliar y mejorar el sistema de ventilación para dar condiciones favorables de trabajo al personal operativo que realizara actividades en dicho nivel, en la actualidad para la Mina 1 en operación se tiene 237,581.28 cfm de caudal de aire suministrado en todo los frentes de operación cumpliendo la normativa vigente anteriormente señalado.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la cobertura de aire que mejora las condiciones termo ambientales en la ampliación de la Mina 1, en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características del sistema de ventilación actual en la Mina 1 para la ampliación del Nivel - 25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?
- ¿Cuál es el diseño adecuado del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el Nivel - 25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?
- ¿Cuál será el costo de implementación del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el Nivel - 25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la cobertura de aire que mejora las condiciones termo ambientales en la ampliación de la Mina 1, en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las características del sistema de ventilación actual en la Mina 1, para la ampliación del Nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.
- Determinar el diseño adecuado del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el Nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.
- Determinar el costo de implementación del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el Nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.

1.4. Justificación del estudio

Dentro de la U.E.A. María Teresa de la Mina Colquisiri, existen deficiencias en la distribución del caudal del flujo de aire debido a la ampliación de La “Mina 1”, que está conformado por 7 niveles operativos en el cuerpo “Sofia D”, según la cota topográfica se tienen los niveles -17, -4, 17, 38, 59 y 80; y 2; niveles operativos en el cuerpo “Sofia C”, según la cota topográfica se tienen los niveles 118 y 166.

La presente investigación es justificada por los alcances que brindara en mantener 89,343.57 cfm de aire requerido preliminarmente y de esta manera

cubrir las necesidades en las labores de operación del nivel -25, por ello se ha planteado ampliar el sistema de ventilación y con ello diseñar el sistema de ventilación optimo en tal nivel, sabiendo que el caudal de ingreso de aire actual para la mina 1 cuerpo “Sofia D” es 370,992.00 cfm con una cobertura de aire zonal de 138.10%.

1.5. Alcances y Limitaciones de la Investigación

El estudio del presente trabajo de investigación será de alcance para la minera Colquisiri S.A. en su unidad de producción U.E.A. María Teresa, además de ser un aporte técnico para docentes y estudiantes en futuras investigaciones relacionados con la minería como fuente de consulta y aprendizaje.

Las limitaciones que se dieron son la recolección limitada de información que ofrece la empresa minera Colquisiri S.A.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El mejoramiento de sistema de ventilación garantiza una condición termo ambiental adecuado en la ampliación de la Mina 1, en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.

1.6.2. Hipótesis específico

- La identificación de las características del sistema de ventilación actual son datos necesarios para el análisis y la mejora del sistema de ventilación en la Mina 1, Nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.
- El diseño adecuado del sistema de ventilación mejora el caudal de aire necesario en la Mina 1, Nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.

- La estimación de costo de implementación del sistema de ventilación para la ampliación de la mina 1 en el nivel -25, es económicamente rentable para la operación de la compañía minera Colquisiri S.A.

1.7. Variables e Indicadores

La operacionalización de variables se ilustra en la tabla siguiente.

Tabla N° 1: Variables e Indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Unidades
Condición termo ambiental adecuado para Nivel -25	Tipos y Concentración de Gases	O ₂ ; N ₂	%
		CO; CO ₂	ppm
		NO _x	ppm
Variable Independiente	Dimensión	Indicadores	Unidades
Mejoramiento de sistema de ventilación	Distribución del flujo de aire	Caudal	m ³ /seg
		Presión	Pas
		Velocidad	m/seg
		Costo	S/TM

Fuente: Elaboración Propia

1.8. Metodología del procesamiento

Las actividades para el desarrollo del proyecto se programaron para ser ejecutadas en 03 meses en campo y 04 meses en gabinete, tal como se detalla a continuación:

- Se realizó la validación topográfica de la superficie y de los niveles dentro de mina 1.

- Medición de direcciones del flujo de aire y caudales de ingreso y salida del sistema de ventilación actual de la mina 1, compuesto por 03 zonas: “Sofia D, Sofia C, Charito.
- Análisis y revisión de proyectos de ventilación con similitud al presente proyecto para la mejora del sistema de ventilación que permitan contribuir en el futuro la continuidad del minado.
- Y finalmente se realizó la simulación correspondiente de ventilación con todos los datos obtenidos en campo, teniendo un modelo 3D del sistema de ventilación con un grado de calibración del 90%.

1.9. Ámbito de Estudio

Para el desarrollo del presente proyecto se recolecto principalmente los siguientes datos operativos de la Mina Colquisiri S.A.

- 1) La cantidad máxima de personas que trabajan en interior Mina por cada turno.
- 2) La cantidad máxima de equipos de combustión a Diésel que trabajan en la Mina por cada turno.
- 3) la disponibilidad mecánica y Factor de Utilización de todos los equipos en operación.
- 4) La cantidad de madera que ingresa a la mina para el sostenimiento de las labores por turno.
- 5) las temperaturas de bulbo seco (ambiente) y húmedo en cada nivel de la mina.
- 6) Caudal y velocidad de aire de entrada y salida

todos los datos recolectados servirán para el cálculo del requerimiento de caudal de aire para toda la Mina 1 y consecuentemente para el nivel -25 y para conocer cuál es la cobertura de aire actual en la mina 1.

1.10. Tipo de Investigación

Se ha considerado la investigación de tipo PREDICTIVA – APLICATIVA, debido a que la presente investigación predice resultados futuros para dar solución al problema que se tiene en la Mina María Teresa frente a la distribución del sistema de ventilación en el Nv-25, y así cumplir con las normas, leyes legales vigentes en los decretos supremos N° 024 del 2016-EM, y su respectiva modificatoria de la 023-2017 EM.

1.11. Nivel de Investigación

Según (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2003); Es considerada Descriptiva-Aplicada, porque buscara describir y buscar la relación de la variable dependiente con la variable independiente para establecer su relación directa y posteriormente darle una solución a esta problemática que mejorara la distribución del sistema de ventilación.

1.12. Población y muestra

Población; La “Mina 1”, conformada por 3 Zonas de operación de la unidad Minera Colquisiri S.A.; Sistema de ventilación.

Muestra; Concentración de gas toxico en interior Mina, temperatura, velocidad y caudal de aire.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. A nivel Internacional

Valerazo (2020), en su trabajo de investigación: “Diseño del Sistema de Ventilación en la Concesión Minera Cebral y Diseño del Sistema de Desagüe en la concesión minera R-nivel, Zaruma-El Oro”, presentada a la Universidad del Azua y Facultad de Ciencia y Tecnología Escuela de Ingeniería de Minas en su conclusión menciona:

“El diseño de ventilación se realizaron los cálculos de las dimensiones de: turbina, ventilador, diámetro de la tubería y un estudio del consumo total del aire de los diferentes equipos y personal minero que labora en la mina, también señala que diseño de ventilación cuenta con un caudal de inicio de 400 CFM proporcionado por la tubería ya instalada en la mina. Con el sistema propuesto el caudal de aire mueve la primera turbina generando 764.01 rpm. Seguido de

esto con un sistema de poleas de 30cm de diámetro correspondiente a la polea principal y de 50cm de la polea secundaria, siendo activadas por el movimiento de la turbina, que logra mejorar la capacidad del ventilador en 2292.03 rpm. Se obtiene como resultado, un movimiento de la columna de aire de 775.84m por parte del ventilador principal, siendo de vital importancia para futuros labores de exploración y explotación.” Valerazo Blacio, (2020).

2.1.2. A nivel nacional

Ricse (2021), en su trabajo de investigación: “Diseño del circuito de ventilación para evacuar los gases, humo y polvo en suspensión en las labores de la galería principal en la mina artesanal Aurex-Acopalca, Pasco 2018”, presentada a la Universidad Continental Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas en su conclusión menciona:

“Para evacuar los gases se tienen dos alternativas: la primera consiste en integrar las labores mineras mediante chimeneas, y la segunda, que cada labor adquiriera un ventilador de 6000 CFM lo que involucra un costo horario de los cuatro niveles de 7.863 \$/h. Los gases presentes en las labores mineras son: monóxido de carbono, gases nitrosos y polvo debido a la voladura. El circuito, en caso se decida por el uso de ventilador, la evacuación de los gases consiste en el ingreso del aire limpio por la parte superior y la evacuación de los gases viciados por la parte inferior, como otra alternativa seria la integración de las chimeneas y para evacuar los gases en forma natural.” Ricse Ramos, (2021).

Duran (2018), en su trabajo de investigación: “Mejoramiento de la Ventilación en la Mina Subterránea - Mina Colquijirca Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.”, presentada a la Universidad Nacional Daniel Alcides

Carrión, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas en su conclusión menciona:

“La mina tiene una cobertura de 66.43 % de aire, que significa que falta incrementar 6,617.54 m³/min (233,695.78 pies³/min) de aire fresco a la mina, para tener una cobertura de 100 % para no tener problemas de ventilación y también señala que la ventilación en los tajeos es problemática debido a que no se cuenta con un circuito definido para evacuar el aire contaminado, lo cual ocasiona acumulación de humo y concentraciones de gases que en algunos casos sobrepasan los Límites Máximos Permisibles.” (Duran Janampa Jimmi Roberth, 2018).

Asimismo, (**Rodas y Moreno 2021**), realizaron una investigación con el título: “Chimeneas Principales y su influencia en el Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Santander – Huaral”, presentada a la Universidad Cesar Vallejo; Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas en su conclusión menciona:

“Respecto al objetivo, Calcular el caudal de aire actual y proyectado en los magistrales norte, centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, Según el anexo 38 como base legal el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional del estado peruano, Modificatoria D.S. N° 023-2017-EM, el requerimiento total de aire actual calculado en los magistrales norte centro y sur es de 472,828 CFM, ingreso de aire 431,145 CFM, salida de aire 432,531 CFM con una cobertura de 91% y un déficit 41,682 CFM, el requerimiento total de aire proyectado calculado en los magistrales norte centro y sur es de 623,277 CFM, ingreso de aire 673,749 CFM, salida de aire 697,820

CFM con una cobertura de 108% y un Superávit de 50, CFM.” (Rodas Ortiz & Morena Avila Christian, 2021).

2.2. Marco legal

Decreto supremo 024(2016) y su modificatoria 023(2017)

Título IV. Subcapítulo VIII - reglamento de ventilación (Art. 246 – Art. 257)

Art. 246.- El titular de actividad minera debe velar por el suministro de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador, de los equipos y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran afectar la salud del trabajador, así como para mantener condiciones termo-ambientales confortables.

Todo sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad del aire, debe mantenerse dentro de los límites de exposición ocupacional para agentes químicos de acuerdo al ANEXO 15 y lo establecido en el Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 015-2005-SA o la norma que lo modifique o sustituya. Además, debe cumplir lo siguiente:

a) Al inicio de cada jornada o antes de ingresar a labores mineras, en especial labores ciegas programadas, como son chimeneas y piques, deben realizarse mediciones de gases de monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, oxígeno y otros, de acuerdo a la naturaleza del yacimiento, al uso de explosivos y al uso de equipos con motores petroleros, las que deben ser registradas y comunicadas a los trabajadores que tienen que ingresar a dicha labor.

b) En todas las labores subterráneas se debe mantener una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de trabajadores, con el total de HPs de los equipos con motores de combustión interna, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5 % de oxígeno.

c) Las labores de entrada y salida de aire deben ser absolutamente independientes. El circuito general de ventilación se debe dividir en el interior de las minas en ramales para hacer que todas las labores en trabajo reciban su parte proporcional de aire fresco, evitando toda recirculación de aire.

d) Cuando la ventilación natural no sea capaz de cumplir los artículos precedentes, debe emplearse ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según las necesidades.

e) Los ventiladores principales, secundarios y auxiliares deben ser instalados adecuadamente, para evitar cualquier posible recirculación del aire. No está permitido que los frentes de desarrollo, de chimeneas y labores de explotación sean ventiladas con aire usado.

f) En labores que posean sólo una vía de acceso y que tengan un avance de más de sesenta metros (60 m), es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares. En longitudes de avance menores a sesenta metros (60 m) se debe emplear también ventiladores auxiliares sólo cuando las condiciones ambientales así lo exijan. En las labores de desarrollo y preparación se

deben instalar mangas de ventilación a no más de quince metros (15 m) del frente de disparo.

g) Cuando existan indicios de estar cerca de una cámara subterránea de gas o posibilidades de un desprendimiento súbito de gas, se deben efectuar taladros paralelos y oblicuos al eje de la labor, con por lo menos diez metros (10 m) de avance.

Art. 247.- En los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por minuto (3 m³ /min). En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala:

1. De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a 4 m³/min
2. De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a 5 m³/min
3. Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min

Art. 248.- En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).

Art. 249.- Se toman todas las providencias del caso para evitar el deterioro y paralización de los ventiladores principales. Dichos ventiladores deben cumplir las siguientes condiciones:

1. Ser instalados en casetas incombustibles y protegidas contra derrumbes, golpes, explosivos y agentes extraños. Los ventiladores en superficie, así como las instalaciones eléctricas deben contar con cercos perimétricos adecuados para evitar el acceso de personas extrañas.

Contar con otras precauciones aconsejables según las condiciones locales para protegerlas.

2. Tener, por lo menos, dos (2) fuentes independientes de energía eléctrica que, en lo posible, deben llegar por vías diferentes.

3. Estar provistos de silenciadores para minimizar los ruidos en áreas de trabajo o en zonas con poblaciones donde puedan ocasionar perjuicios en la salud de las personas.

4. Estar provistos de dispositivos automáticos de alarma para caso de paradas.

5. Cumplir estrictamente las especificaciones técnicas dispuestas por el fabricante para el mantenimiento preventivo y correctivo de los ventiladores.

Art. 250.- En casos de falla mecánica o eléctrica de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares que atienden labores mineras en operación, éstas deben ser paralizadas y clausuradas su acceso, de forma que se impida el pase de los trabajadores y equipos móviles hasta verificar que la calidad y cantidad del aire haya vuelto a sus condiciones normales. Los trabajos de restablecimiento serán autorizados por el ingeniero supervisor.

Art. 251.- Para los ventiladores principales con capacidades iguales o superiores a 2,831 metros cúbicos por minuto o su equivalente de 100,000 pies cúbicos por minuto, se deben instalar paneles de control que permitan su monitoreo de operación, su regulación a parámetros requeridos, la emisión de señales de alarma en caso de paradas y el arranque automático de los equipos de emergencia en caso de un corte de energía.

Para el caso de ventiladores extractores de aire usado, el monitoreo también comprende el contenido de gases de monóxido de carbono, gases nitrosos, oxígeno y temperatura en el aire circulante.

Los paneles de control deben contar con baterías de respaldo que les permita seguir funcionando en caso de fallas en el suministro de energía eléctrica.

La operación de los paneles de control se realiza sólo por la supervisión autorizada.

Art. 252.- Se deben efectuar evaluaciones integrales del sistema de ventilación de una mina subterránea cada semestre y evaluaciones parciales del mismo cada vez que se produzcan conexiones de labores y cambios en los circuitos de aire. Dichas evaluaciones deben ser realizadas por personal especializado en la materia de ventilación. Asimismo, se deben efectuar controles permanentes de ventilación en las labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación donde haya personal trabajando.

La evaluación integral de ventilación debe considerar:

- a) Ubicación de estaciones de control de ventilación.

- b) Circuitos de aire de la mina.
- c) Balance de ingresos y salidas de aire de la mina. La diferencia de caudales de aire entre los ingresos y salidas de aire no debe exceder el diez por ciento (10 %).
- d) La demanda de aire de la mina debe ser la cantidad de aire requerida por los trabajadores, para mantener una temperatura de confort del lugar de trabajo y para la operación de los equipos petroleros. Cuando en la operación no se usen equipos con motor petrolero debe considerarse el aire requerido para diluir los gases de las voladuras de acuerdo al ANEXO 38.

2.3. Base Teórica

2.3.1. Ventilación de Minas

“La Ventilación de Minas es el proceso adecuado de distribución del caudal del flujo del aire para poder realizar los trabajos en interior mina de manera eficiente y adecuado la ventilación presenta el proceso de circulación por medio de las diferentes labores operacionales, seguido de esto debemos tener en cuenta que las mineras deberían contar con dos accesos diferentes. En el caso de que las diferentes labores presenten un solo ingreso, la ventilación se llevará a cabo por medio de tuberías puestas en las entradas y salidas de las labores”. (Jimenez Ascanio, 2011).

2.3.2. Aire de Minas

Se denomina aire de mina a una mezcla de gases y vapores, generalmente con polvo en suspensión, que ocupa el espacio creado por las labores subterráneas. Se trata de aire atmosférico, que al ingresar a la mina sufre

una serie de alteraciones en su composición. Si las alteraciones son tan pequeñas que el aire puede ser considerado como atmosférico, nos referimos a él como aire fresco o de ingreso, mientras el aire contaminado será descrito como aire viciado o de retorno. (Instituto de Ingenieros de Minas del Peru, 2000).

2.3.2.1. Contaminantes en interior Mina

a) Emisiones sólidas

El polvo emitido tiene su origen en las propias actividades extractivas, durante la voladura y arranque de material, o durante los procesos de carga y transporte, o en relación a procesos metalúrgicos. Además, puede haber una importante remoción eólica de material fino en escombreras y balsas abandonadas.

Los gases emitidos tienen su origen en la combustión de la maquinaria, la emisión natural durante el proceso de extracción (CO₂, CO, grisú-mezcla explosiva de metano y aire), la emisión en voladuras, y la emisión en procesos directamente relacionados con la actividad minera: combustión de carbón (CO_x, NO_x, SO_x), pirometalurgia (SO₂).

b) Dióxido de nitrógeno (humos nitrosos)

Se origina al detonar explosivos o dinamitas, se desprende del escape de equipos que funcionen a gasolina y diésel, y también se producen durante las operaciones de soldadura al arco y con gas. Fórmula: NO₂ o N₂O₄; Peso específico: 1.54; Límites permisibles: 3 ppm; Gas color pardo rojizo a temperaturas sobre 23° C, picante y algo dulce.

c) Monóxido de carbono

es el producto de la combustión incompleta de materiales orgánicos o carbonáceos. Se desprende del escape de motores de combustión interna. También se da por el uso de explosivos y tienen las siguientes características: Fórmula: CO; Peso específico: 0.967; Limite explosivo: 12.5 a 74.2%; Límite máximo permisible: 25 ppm.

d) Hidrógeno sulfurado o sulfuro de hidrogeno

Se genera por la descomposición de la pirita, también por la descomposición de sustancias orgánicas y por realizar disparos en minerales que contienen azufre. Sus características son: Fórmula: H₂S; Limite explosivo: 4.3 a 45 %; Límites permisibles: 10 ppm; Gas incoloro, inflamable, olor a huevos podridos.

e) Nitrógeno

Se encuentra en el aire en forma de amoníaco, y se genera por realizar disparos (debido a la ausencia del oxígeno del aire). En los lugares en que la ventilación es deficiente se produce una deficiencia de oxígeno. Fórmula: N; Gas incoloro, inodoro, físicamente inerte.

f) Metano

Se desprende a través de las fisuras de los mantos de carbón. Se genera por la descomposición de la madera bajo el agua y también por la descomposición de materia orgánica. Fórmula: CH₄; Límite de explosividad: 5 al 15% en el aire; Gas incoloro, inodoro e insípido; Efectos en el organismo: es un asfixiante simple y actúa desplazando el oxígeno del aire. Cuando el aire contiene 25% de metano produce asfixia por deficiencia de oxígeno.

2.3.3. Caudal y flujo de aire en la Mina

En Interior mina bajo cualquier tipo de método de explotación subterránea se deberá mantener una circulación del caudal de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo al staff de trabajadores, con el total de los equipos diésel, así como para la dilución de los gases que permitan desempeñar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19,5 % de oxígeno, para mantener una temperatura adecuada de trabajo.

El caudal requerido mínimo para el personal es de 3 m³/min, si las minas se encuentran a una altitud mayor de 1500 msnm. El consumo de aire se propone según. (C.R-D.S N° 024-2016-EM Y su modificatoria "Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería", 2016).

Para determinar el requerimiento de aire se aplicará la siguiente relación basada en el artículo 247 del reglamento actual de minería:

$$Qa = N * qa$$

Donde:

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

N : Número máximo de personas trabajando en la labor.

qa : Cantidad de aire por persona de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar.

De acuerdo al número de equipos diésel que operan en la mina y su potencia, La cantidad de aire circulante en la labor no debe ser menor de 3

m3/min por cada HP de potencia con que cuente cada uno de los equipos diésel para lo cual se usará la siguiente relación basada en el artículo 254. (C.R-D.S N° 024-2016-EM Y su modificatoria "Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería", 2016).

$$Qb = N * qe$$

Donde:

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

qe: Cantidad Mínima de Aire por cada HP.

N: Suma de los HP de equipos diésel.

Para la Dilución de los polvos y gases; El Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional vigente, menciona en el artículo 248; que, en ningún caso la velocidad del aire deberá ser menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min). Para calcular lo respectivo se usará la siguiente relación basado en el artículo 248 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional vigente:

$$Qc = A * V * m$$

Donde:

Qc: 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)

m: Número de niveles

El caudal es para diluir polvos y gases durante las operaciones en interior mina, sin embargo, adicionalmente a esto, para diluir y extraer los gases de voladura que duran de 0,5 a 1 hora aproximadamente, se requiere 16,67 m³/min por kilogramo de explosivo detonado, esta cantidad es considerando, la formación de productos tóxicos producto de la voladura, el tiempo que se estima para despejar las galerías y la cantidad máxima de gases permitida según la normativa vigente. (C.R-D.S N° 024-2016-EM Y su modificatoria "Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería", 2016).

Para que el aire fluya a través de la mina es necesario que exista una diferencia de presión entre la entrada y la salida de la misma. Esta diferencia de presión puede deberse a causas naturales (gradiente térmica) o ser inducida artificialmente por medios mecánicos mediante ventiladores. (Instituto de Ingeniero de Minas del Peru, 2000).

2.3.4. Caída de presión en interior Mina

La caída de presión refiere a la resistencia de cualquier obstáculo o superficie que impida que el flujo de aire pueda fluir libremente por las diferentes labores de una mina. Se dividen en caída por fricción (regulada), caída por choque (singular) y caída por presión dinámica.

La caída de presión por fricción, representa la oposición que las paredes, pisos y techos ejercen en el movimiento de aire a través de ellas. Esta depende de variables como la sección transversal, longitud, perímetro de la galería, coeficiente de frotamiento y densidad del aire que a su vez es función de la temperatura y presión atmosférica. *J. Atkinson* adaptó la ecuación de *Darcy – Weisbach*, la que se conoce como *Ley de Atkinson*:

$$Hf = R * Q^2; \quad R = \left(\frac{K * P * L}{A^3} * \frac{\rho}{1,2} \right); \quad K = \left(\frac{\lambda * \rho^*}{2} \right)$$

Dónde:

Hf = Pérdida de carga o caída de presión por fricción (N/m2)

R = Resistencia práctica (N-s2/m8)

Q = Caudal (m3/s)

K = Fricción de la galería o coeficiente de resistencia aerodinámica (N-s2/m4)

P = Perímetro de galería (m)

L = Longitud de galería (m)

A = Área de galería (m2)

ρ = Densidad del aire en el lugar de trabajo (kg/m3)

λ = Coeficiente de fricción o frotamiento (abstracto)

ρ^* = Densidad del aire a nivel del mar (kg/m3)

Coeficiente de fricción o frotamiento considerada para flujos turbulentos que por lo general es el caso de ventilación de minas, es una función de la aspereza relativa de la vía de aire. La aspereza relativa de la vía de aire se define como la altura de las asperezas de la vía de aire, divididas entre el diámetro hidráulico ecuación de *Von Kármán*. (Manual DuctSIM, 2003).

$$\lambda = \frac{1}{4[2\text{Log}_{10}(de) + 1,14]^2}$$

$$K = \left(\frac{4 * A}{P}\right)$$

Dónde:

d = Diámetro hidráulico (m)

e = Altura de las asperezas de la vía de aire (m)

P = Perímetro de galería (m)

A = Área de galería (m²)

De la ecuación se puede observar que, en ductos con la misma altura de asperezas, pero de diferente diámetro, variará el coeficiente de fricción. Por tanto, al aumentar el diámetro del ducto, mientras todas las demás condiciones permanecen sin cambio, tanto la aspereza relativa como el coeficiente de fricción disminuyen. Si se tiene suficiente razón para creer que el ducto no será recto, entonces se recomienda que se aplique un factor de corrección de instalación o aspereza. (Manual DuctSIM, 2003).

2.3.5. Velocidad del flujo de aire en interior Mina

La velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).

Cuando la ventilación natural no sea capaz de cumplir con los artículos precedentes, deberá emplearse ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según las necesidades. (C.R-D.S N° 024-2016-EM Y su modificatoria. Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, 2016).

2.3.6. Ventilación en frentes de trabajo

La ventilación de labores preparatorias y topes ciegos no recorridos por la corriente principal consiste en conducir por la labor una cantidad relativamente pequeña de aire a distancias de pocos metros y a veces a algunos centenares y hasta miles de metros.

No está permitido que los frentes de desarrollo, de chimeneas y labores de explotación sean ventiladas con aire usado. En labores que posean sólo una vía de acceso y que tengan un avance de más de 60 metros, es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares. En longitudes de avance menores a 60 metros se empleará también ventiladores auxiliares sólo cuando las condiciones ambientales así lo exijan. En las labores de desarrollo y preparación se instalará mangas de ventilación a no más de 15 metros del frente de disparo. (C.R-D.S N°

024-2016-EM Y su modificatoria "Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería", 2016).

2.3.7. Ventilacion artificial

Ventilación ejercida mediante el empleo de ventiladores que son máquinas rotatorias capaces de mover un determinado caudal de aire, a la que comunican una cierta presión, suficiente para que pueda vencer las pérdidas de carga que se producirán en la circulación por los conductos. Un ventilador puede elevar la presión hasta aproximadamente 1,5 psi, los ventiladores se dividen en dos grandes grupos: los ventiladores axiales y los ventiladores centrífugos. (Vargas Alegria, 2015).

2.3.7.1. Ventiladores Axiales

Ventiladores que con, el movimiento del flujo a través del rotor, con álabes o palas de distintas formas, se realiza conservando la dirección del eje de éste. La principal acción de un ventilador axial para producir presión, es el impacto de la aceleración tangencial al aire que pasa a través de la hélice del ventilador. Cualquier fuerza centrífuga generada es pequeña e insignificante cuando el ventilador funciona en condiciones normales. La energía rotativa es convertida en energía de flujo lineal y la presión estática en movimiento de aire. (*Hartman*, 1997).

Se usan para mover grandes cantidades de aire en espacios abiertos; como la resistencia al flujo es muy baja, se requiere generar una presión estática pequeña, del orden de los 5 a 100 milímetros de columna de agua (0,007 - 0,15 psi). Debido a esto, la principal aplicación de los ventiladores axiales se

encuentra en el campo de la ventilación general y se los conoce con el nombre de extractores o inyectores de aire (ver Figura 4). Sin embargo, este tipo de ventiladores, cuando se los construye con álabes en forma de perfil ala y de paso variable, llegan a generar alturas de presión estáticas del orden de los 250 milímetros de columna de agua (0,35 psi). (Vargas Alegria, 2015).

Figura N° 1: Ventilador Axial



Fuente: Mina Colquisiri S.A.

2.3.7.2. Ventiladores centrífugos

En estos ventiladores el aire ingresa en dirección paralela al eje del rotor, por la boca de aspiración, y la descarga se realiza tangencialmente al rotor, es decir, que el aire cambia de dirección noventa grados (90°). (Vargas Alegria, 2015).

Figura N° 2: Ventilador Centrifugo



Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Este tipo de ventiladores desarrolla presiones mucho mayores que los ventiladores axiales, alcanzando presiones de hasta 1000 milímetros de columna de agua (1,43 psi) y son empleados, mayormente en los sistemas de ventilación localizada. Su principio de funcionamiento es el mismo de las bombas centrífugas. Están constituidos por un rotor que posee una serie de paletas o álabes, de diversas formas y curvaturas, que giran aproximadamente entre 200 y 3 600 rpm dentro de una caja o envoltura. (Vargas Alegria, 2015).

Potencia de ventiladores: El aire que el ventilador debe mover a través del circuito consume energía debido a las caídas de presión, esta energía debe ser vencida por el ventilador al estar en movimiento, pero éste, por ser una máquina, pierde energía por roce en sus descansos, vibraciones, etc.; a su vez el ventilador es movido por un motor, por intermedio de una transmisión, la cual también absorbe energía y, por último, también consume parte de su energía por

cambios de temperatura, pérdidas en descansos, etc.; éstas son, entonces, las consideraciones que se deben tomar para calcular la potencia del motor:

$$HP_v = \frac{Q * H}{735,75 * \eta * DE * ME}$$

Dónde:

HPV= Potencia del motor (HP).

Q = Caudal del aire (m³/s).

H = Caída de presión del circuito (N/m²).

η = Eficiencia del ventilador, según sea el tamaño, fabricación y el punto de trabajo del ventilador (varía entre 70 a 80 %).

DE= Eficiencia de la transmisión (varía entre 90 % para transmisión por poleas, y 100 % para transmisión directa).

ME= Eficiencia del motor varía entre 85 a 95 %; La potencia del motor del ventilador es directamente proporcional a la cantidad de aire y a la caída de presión del circuito. (Vargas Alegria, 2015).

2.3.8. Acople de ventiladores

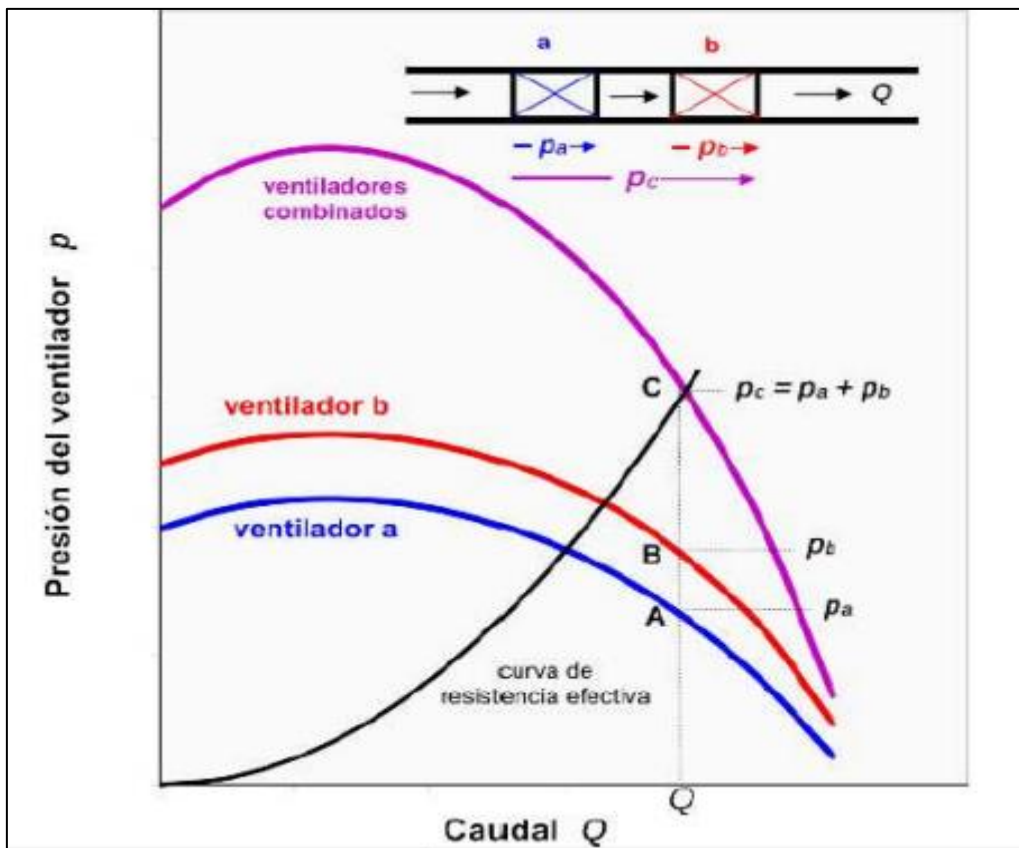
En contextos donde la ventilación requiera de mayor caudal de aire de entrega o de mayor presión total, se tendrá que instalar ventiladores en serie (llamado también en cola) o por otra parte colocarlos en paralelo, dependiendo que es lo que se requiera (McPherson, 2016).

a) Enseriado de ventiladores

Para poder enseriar dos o más ventiladores se recomienda, que sean del mismo caudal y presión de trabajo. Por ejemplo, se tiene en la figura N° 3, un

ventilador (a) con la curva azul y otro de color rojo (b), al instalarlos en serie (uno tras otro), sus presiones de trabajo de ambos se sumarán (curva morada), arrojándonos una presión total de $PT = PTb + PTa$, en cambio los caudales se mantienen igual que el mayor de ellos, no se llega a aumentar (McPherson, 2016).

Gráfico N° 1: Enseriado de 2 ventiladores



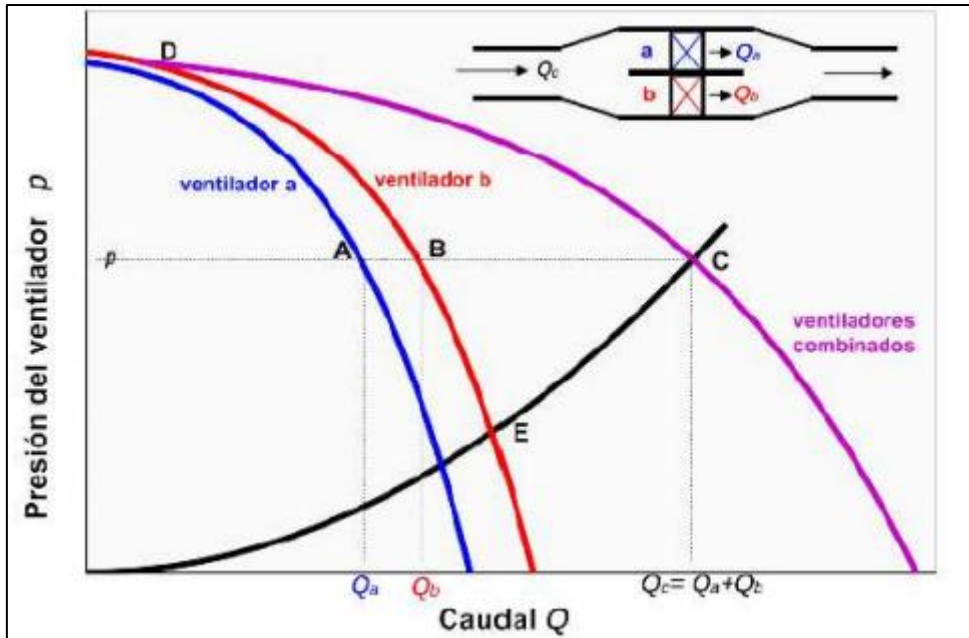
Fuente: Ingeniería de Ventilación Subterránea, Malcolm J. McPherson, 2016

b) Instalación paralelo de ventiladores

En casos en donde la ventilación no abastezca a lo que se requiere, es posible instalar dos o más ventiladores en paralelo (uno a lado del otro) con el propósito de aumentar el caudal de aire, considerando que los dos o más ventiladores deben de ser similares en cuanto a sus presiones de trabajo y

caudal que ofrece. Como se puede apreciar en la figura N°4 el caudal total sería a sumatoria del caudal de la curva (A) más el caudal de (B) (McPherson, 2016).

Gráfico N° 2: Instalación de dos ventiladores en paralelo



Fuente: Ingeniería de Ventilación Subterránea, Malcolm J. McPherson, 2016

2.3.9. Ventilación natural

La energía más barata y abundante en la naturaleza es el aire natural, que se utiliza en la ventilación para minas subterráneas. Este aire se introduce por la bocamina principal de ingreso, recorriendo el flujo del aire por la totalidad del circuito de ventilación, hasta la salida del aire por la otra bocamina. Para que funcione la ventilación natural tiene que existir una diferencia de alturas entre las bocaminas de entrada y salida. En realidad, más importante que la profundidad de la mina es el intercambio termodinámico que se produce entre la superficie y el interior. (Yepes Piqueras, 2012).

Presión de ventilación natural: La presión de ventilación natural es causada por la diferencia de temperaturas entre el aire dentro de mina y el aire del exterior, y la diferencia de elevación entre la bocamina de entrada, chimenea

de salida y los frentes de trabajo. Para calcular solo requerimos las mediciones de temperatura en interior mina y en superficie. Luego consideramos el proceso de circulación de aire como isobárico, ya que es a presión constante, lo que indica que, si aumenta la temperatura en un lugar dado, lo que hace es expandirse y reducir su peso específico volviéndose más liviano que el aire en la superficie o viceversa, generando ascenso de la columna caliente de aire por desplazamiento del aire frío que es más pesado. (Soler , 2019).

2.4. Marco conceptual

Presión estática (PE): Es la presión potencial que el fluido ejerce en todas las direcciones cuando está en reposo.

Presión dinámica (PD): Es la presión cinética en sentido del flujo que se requiere para impulsar un fluido estacionario a una velocidad determinado.

Presión Total (PT): Es la sumatoria algebraica de las presiones estáticas y dinámicas. Cuyos resultados se expresan en unidades inglesas pulgadas de columna de agua ("C.A.).

Eficiencia de la red: Es el rendimiento de la red de ventilación (conductos) en relación con la cantidad de aire fresco ingresado, ya sea por medio de ventilación mecánica o natural.

Aerodinámico: Objeto cuya forma ofrece poca resistencia al aire.

Punto de operación: Punto en donde la curva del ventilador cruza la resistencia del circuito (P, Q) es el punto de operación del ventilador.

Termo ambientales: condiciones de temperatura, humedad y ventilación que existen en un entorno determinado.

Mejoramiento: Proceso de hacer algo mejor que antes, mediante la identificación de áreas de oportunidad y la implementación de cambios para mejorar la situación actual.

Optimización: Proceso de encontrar la mejor solución posible para un problema o situación considerando las restricciones y limitaciones existentes.

2.5. Marco contextual

2.5.1. Ubicación

La U.E.A. “María Teresa”, perteneciente a la Empresa Minera Colquisiri S.A., se encuentra ubicada, al norte de la ciudad de Lima, a siete kilómetros al Oeste de la ciudad de Huaral (KM 82 de la Carretera Panamericana Norte), en el sector denominado “Cerro La Mina”, del distrito y la provincia de Huaral, del departamento de Lima, a una altitud promedio de 150-180 m.s.n.m.

Tabla N° 2: Coordenadas UTM de la Mina Colquisiri S.A.

COORDENADAS UTM DE LA MINERA COLQUISIRI S.A.	
Proyección	: Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum Horizontal	: WGS 84
Coordenadas UTM	: 8728350.45 m S– 252111.74 m E
Altitud Promedio	: Entre 150 y 180 m.s.n.m.
Zona	:18 L

Fuente: Elaboración Propia

Mapa N° 1: Ubicación de la Mina Colquisiri S.A.



Fuente: <https://maps.google.com>

2.5.2. Clima

El clima es cálido con temperaturas elevadas durante el verano, en el invierno se presentan precipitaciones reducidas con un incremento de la humedad, durante el año el promedio de la humedad relativa es de 93 %.

2.5.3. Accesibilidad

La accesibilidad hacia la Minera Colquisiri se da de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla N° 3: Accesibilidad Hacia la Mina Colquisiri S.A.

VIA DE ACCESO A LA U.E.A. MARIA TERESA DE LA MINA COLQUISIRI			
Ruta-Tramo	Vía Utilizada/Tipo de Vía	Distancia (KM)	Tiempo de viaje
Lima- Huaral	Terrestre/Carretera asfaltada	82 km	2 horas
Huaral - Minera Deysi	Terrestre/Carretera asfaltada	11 Km	20 min
Minera Deysi-Mina María Teresa	Carretera Afirmada	0.2 Km	5 min

Fuente: Elaboración Propia

2.6. Geología

2.6.1. Geología regional

La geología regional del proyecto minero Colquisiri, tenemos a los volcanes sedimentarios del Grupo Casma, que afloran a lo largo de la costa central del Perú, de edad probable Albiano – Cenomaniano (Cretáceo medio), formado por erupciones volcánicas submarinas intermitentes intercalados con unidades sedimentarias.

Este grupo volcánico sedimentario, esta truncado al Norte en los cerros Hatillo y La Mina por cuerpos de roca intrusiva perteneciente al batolito de la Costa, de composición granodiorítica, de edad cretácica y otras apófisis compuestas de gabro de edad Cretácea – Paleógena.

Además, estos afloramientos están cubiertos por depósitos aluviales y eólicos. En los depósitos aluviales se pueden diferenciar dos tipos; Los depósitos consolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos aluvionales y fluviales, y los depósitos aluviales de quebradas secas,

compuestas de un material granular, menos clasificado que los depósitos de río y con una mayor proporción de material intemperizado.

2.6.2. Geología local

2.6.2.1. Grupo Casma

Esta unidad consta de un ciclo volcánico – sedimentario, que se ha desarrollado ampliamente al Norte de Lima. El Grupo Casma en el área del proyecto localmente está diferenciado litológicamente.

Según (Pichardo 2019), la litología principal son rocas volcánicas y sub volcánicas de composición andesítica basáltica a andesita de textura afanítica, localmente porfídica con fenocristales milimétricos de plagioclasa y anfíbol; frecuentemente con texturas amigdaloidales y auto brechas. El conjunto es cortado por diques dacíticos o riodacíticos, de 4 a 12m de potencia, de dirección N150E.

En general, no se reconocen límites claros entre diferentes coladas volcánicas, los datos existentes sugieren que las rocas volcánicas son sub-horizontales o buzan ligeramente hacia el W, lo que es consistente con la orientación sub-vertical de la mayoría de los diques.

Algunas rocas extrusivas son félsicas, de edad fines del Cretáceo (Romero et al., 2008). Presentándose en el área de estudio afloramientos de granodiorita, diorita y tonalita de decenas a centenares de metros de diámetro, al E del yacimiento y alineados en la misma dirección que los diques (N150E). En el área de la mina María Teresa, la secuencia volcánica - sedimentaria del Grupo Casma ha sido diferenciada en tres horizontes:

a) Horizonte Superior

Constituido por derrames Volcánicos de composición andesítica y basáltica paramagnética que varía de textura afanítica a porfirítica; y derrames de volcánicos ácidos de composición riolítica a dacítica exenta de minerales metálica, su potencia varía de 200 a 300 metros.

b) Horizonte Intermedio

Este horizonte se halla constituido por dos fases: Hacia el piso por limolitas tufáceas, intercaladas con volcánicos félsicos de textura esquistosa. Hacia el techo se halla compuesto por tufos y lodolitas con acreciones y brechas sedimentarias instruidas por Sills y diques de composición andesítica. Esta fase presenta una fuerte sericitización y silicificación con contenidos de pirita y mineralización de Cobre y Zinc diseminado, relleno de fracturas hacia la base, y mineralización de Cobre, Plomo, Plata, Zinc y Bario formando lentes masivos hacia el techo. En este horizonte se encuentra la mayor concentración de mineralización económica del área. Su potencia varía de 0 a 30 metros.

c) Horizonte Inferior

Constituido por volcánicos andesíticos argilizados y sericitizados de color gris blanquecino a amarillento con contenidos de pirita diseminada. No se conoce su potencia.

2.6.2.2. Depósitos cuaternarios

Dentro del depósito cuaternario hay depósitos aluviales que están constituidos por materiales acarreados y depositados por el río Chancay, que

baja de vertiente occidental andina. En su recorrido corta rocas terciarias y mesozoicas, así como las del Batolito Costanero, tapizando el piso de los valles. Se ha depositado tanto en el curso del valle, como a lo largo y ancho del abanico fluvial.

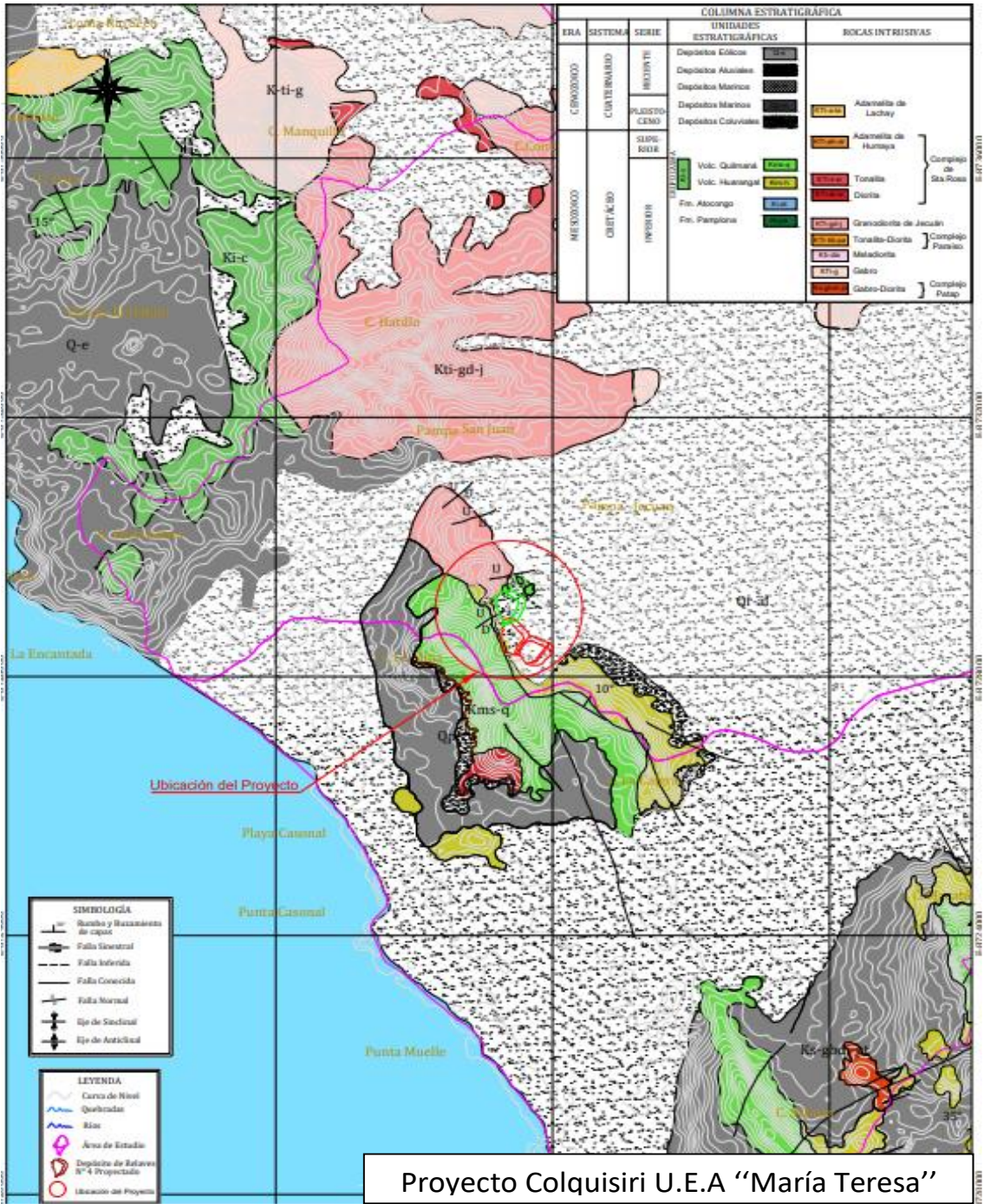
Los suelos que conforman estos depósitos comprenden bloques y cantos de variados orígenes litológicos, principalmente intrusivos y volcánicos, las arenas presentan variada granulometría, pudiendo tener matrices limosas y/o arcillosas.

Figura N° 3: Columna Estratigráfica

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos Eólicos 	
			Depósitos Aluviales 	
			Depósitos Marinos 	
		PLEISTO-CENO	Depósitos Marinos 	 Adamelita de Lachay
			Depósitos Coluviales 	
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR		 Adamelita de Humaya
		INFERIOR	GRUPO CASMA 	 Tonalita  Diorita
			Volc. Quilmaná 	 Granodiorita de Jecuán
			Volc. Huarangal 	
			Fm. Atocongo 	 Tonalita-Diorita  Meladiorita
			Fm. Pamplona 	
				 Gabro
				 Gabro-Diorita

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Figura N° 4: Mineralización Mina Colquisiri S.A.



Fuente: Mina Colquisiri S.A.

2.6.3. Geología estructural

Las secuencias del grupo Casma tienen un rumbo generalizado de N40-50°W y buzamiento de 10°SW. En el área de la mina, las estructuras mineralizadas tienen un rumbo concordante con la estructura regional. El contacto entre el volcánico sedimentario mineralizado (horizonte intermedio) y el volcánico lávico (horizonte superior) es discordante. Fallas inversas y normales de menor orden paralela al rumbo de las estructuras regionales N35°-400W dieron lugar al emplazamiento de diques de composición dacítica de 4 a 12 m. de potencia, fallamientos posteriores de rumbo N300E emplazaron diques de composición andesítica. Posterior a la mineralización se presenta fallamientos en sentidos dextral de rumbo NW°10 - 20°E. Los cuerpos mineralizados se encuentran distorsionados por una serie de fallas normales tipo graben de dirección N30-40W que provocaron desplazamientos en forma escalonada.

2.6.4. Geología económica

2.6.4.1. Características de yacimiento

Por sus características geológicas, el yacimiento María Teresa se ubica en los del tipo vulcano génico en fondo submarino tipo Kuroko. Sus semejanzas estructurales y ensamble mineralógico son comparables con el zoneamiento del yacimiento Kuroko. La zona inferior Keiko estaría representada por la zona de piritización y silicificación con alteración cuarzo-sericita-biotita con mineralización de cobre en stock-work y disseminado. La zona Oko supra yaciendo a la anterior, constituida por derrames de sedimentos clásticos intercalados con volcánicos sedimentarios felsíticos con una amplia mineralización de pirita disseminada y calcopirita-esfalerita disseminados y en estructuras oolíticas, la matriz tiene una

fuerte alteración cuarzo- sericita. Las menas Kuroko están formadas por sulfuros masivos de Esfalerita, Galena, Tetraedrita, Calcopirita y Baritina.

Genéticamente estaría relacionado a un ambiente sedimentario submarino con deposición de mineralización exhalativa formando un área extensa de mineralización diseminada. Erosión y posterior derrame de volcánicos andesíticos y basálticos cubren discordantemente toda el área. Diques de composición Dacita-Riolitas instruyen al horizonte sedimentario y volcánico en fallas con rumbo NW -SE como consecuencia de la distensión producida por la convergencia de placas tectónicas. La actividad hidrotermal posterior a la mineralización sindiagenética aprovecha la porosidad de la roca y zonas de brecha para removilizar y reconcentrar los sulfuros en el contacto con los volcánicos andesíticos en dirección longitudinal y transversal a estructuras regionales.

2.6.4.2. Alteraciones hidrotermales

Las alteraciones hidrotermales en el yacimiento María Teresa están dispuestas a manera de halos, los que gradan a partir de los cuerpos mineralizados con una asociación mineralógica desde sílice – sericita (alteración fílica hasta clorita - epidota – calcita (alteración propilítica)).

Dentro del halo propilítica se tienen núcleos de sílice – caolinita (alteración propilítica), las alteraciones descritas afectan preferentemente a rocas volcánicas de la Unidad Superior, en los niveles más distales a los cuerpos mineralizados, se tienen horizontes ferruginosos, conformados por hematita – goethita – baritina – sílice.

2.7. U.E.A María Teresa Mina Colquisiri S.A.

2.7.1. Reservas de mineral probadas y probables

El tonelaje y ley calculados de mineralización que se pueden extraer con rentabilidad, clasificados como, probables y probados de acuerdo con el nivel de confianza que se pueda atribuir a los datos.

2.7.1.1. Reservas probadas

Se calcula cantidades a partir de dimensiones que se revelan en los afloramientos, zanjas, obras o huecos de voladura.

La ley y/o la calidad se calculan a partir de los resultados de muestreo detallado.

Los sitios para la inspección, el muestreo y las mediciones se espacian tan estrechamente que el carácter geológico está suficientemente definido como para que el tamaño, la forma, la profundidad y el contenido mineral de las reservas se encuentren bien determinados.

2.7.1.2. Reservas probables

Reservas para las cuales la cantidad y la ley se calculan a partir de información similar a la que se utiliza para las reservas probadas, pero los sitios de inspección, muestreo y revisión están más alejados o están menos adecuadamente espaciados. El grado de seguridad, aunque menor que el de las reservas probadas, es suficientemente alto como para asumir una continuidad entre los puntos de observación.

2.7.2. Método de explotación y diseño de labores

Actualmente se desarrolla la explotación subterránea mediante aplicación del método taladros largos, método corte y relleno ascendente mecanizado.

a) Método “Taladros Largos”

La U.E.A. “María Teresa”, está conformada por (02) zonas de producción: “Mina 1”, que aporta el 77% de la producción total, principalmente del cuerpo “Sofía D” y la otra denominada “Mina 2”, que aporta el 23% restante. Ambas minas, se vienen explotando mediante el método de Taladros Largos (TL), con minado mecanizado, en cuerpos mineralizados de gran potencia, teniendo como producto final concentrados de Zn, Cu y Pb.

b) Método “Corte y Relleno Ascendente”

Es un método ascendente (realce) el mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente, cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril (relleno) que sirve de un piso nuevo de trabajo y al mismo tiempo permite sostener las cajas y en algunos casos el techo. La explotación de corte y relleno puede usarse en yacimientos que presentan las siguientes características:

- Fuerte buzamiento superior a los 50° de inclinación.
- Características físico-mecánicas del mineral y roca de caja relativamente mala (roca incompetente)
- Potencia moderada.

- Límites regulares del yacimiento.

Ventajas

- La recuperación es cercana al 100%.
- Es altamente selectivo, lo que significa que se pueden trabajar secciones de alta ley y dejar aquellas zonas que son de baja ley sin explotar.
- Se puede alcanzar un alto grado de mecanización.
- Se adecua a yacimientos con propiedades físicas mecánicas incompetentes.

CAPITULO III

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION

3.1. Sistema de Ventilación actual de la Mina 1

En la Mina 1, se cuenta con 7 ingresos de aire (RB N°6, RB N°11, RB N°10, BM RP 135- 131S BM RP SOFIA “A”, XCR071U035W y la BM BCO 400) y con 5 salidas de aire a superficie (BM CHAVIN DE HUANTAR, RB N°5, BM ABRA y la CH 501). El aire que ingresa por la BM RP SOFIA “A”, baja hacia la zona de profundización de la zona de Sofia D, pasando por la RP 130-08S hacia los niveles del Nv 59, 38, 17, -17 y -4, en el transcurso es apoyado por el otro ingreso de aire del del RB N°11 en los niveles inferiores; para luego ser evacuado por la CH 501.El otro ingreso de aire por la BM RP 135-131S BM baja hacia los niveles inferiores apoyado por el ingreso de aire del XCR071U035W y también por el RB N°10, ventilando la zona norte de la profundización y todo ese aire es evacuado por el RB N°5.

Parte del aire de ingreso de la BM RP SOFIA "A" se dirige hacia la zona de Sofia C y Charito, apoyado por el otro ingreso de aire del RB N°6 y por la BM BCO 400, todo este aire recorre los accesos principales de las zonas mencionadas y por el polvorín en construcción de Charito, y la evacuación es por la BM CHAVIN DE HUANTAR y la BM ABRA.

En la actualidad se cuenta con un suministro de aire a interior mina de un total 391,319.96 cfm; tal como se muestra en la Tabla N°4.

De igual manera, se tiene una salida de 400,294.32 cfm, que se muestra en la Tabla N° 5.

Tabla N° 4: Caudal de ingreso a la Mina 1

ESTAC.	UBICACIÓN			CONDICIONES AMBIENTALES					SECCION		AREA	VEL.	CAUDAL		DIST.
	NIVEL	LABOR	DETALLE	T. AMB. °C	TD °C	TWB °C	HR %	a(m), (Φ)	h(m)	Forma	m2	m/s	m3/min	cfm	(%)
EV-04	Nv 202	RB N°6	Superficie	33.00	20.70	24.10	48.20	1.50		Circular	1.77	0.63	67.15	2,371.46	1%
EV-05	Nv 139	RB N°11	Superficie	29.00	20.50	22.90	58.10	3.10		Circular	7.55	5.10	2,309.59	81,563.13	21%
EV-02	Nv 144	RB N°10	Superficie	28.70	20.60	22.80	61.40	3.10		Circular	7.55	6.23	2,822.83	99,688.28	25%
EV-28	Nv 135	BM RP 135-131S	Superficie	26.80	19.60	21.80	65.50	5.10	5.00	Baul	24.23	1.43	2,081.74	73,516.47	19%
EV-06	Nv 130	BM RP SOFIA "A"	Superficie	26.90	19.70	21.80	64.60	3.59	4.66	Baul	15.89	2.04	1,947.41	68,772.91	18%
EV-27	Nv 71	XCR071U035W	BM155-125	25.30	20.40	21.80	74.50	4.60	4.77	Baul	20.84	0.39	487.77	17,225.62	4%
EV-07	Nv 160	BCO 400	Entrando por RPA 4S	29.40	23.20	23.20	69.70	4.00	4.95	Baul	18.81	1.21	1,364.35	48,182.09	12%
TOTAL													11,080.84	391,319.96	100%

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

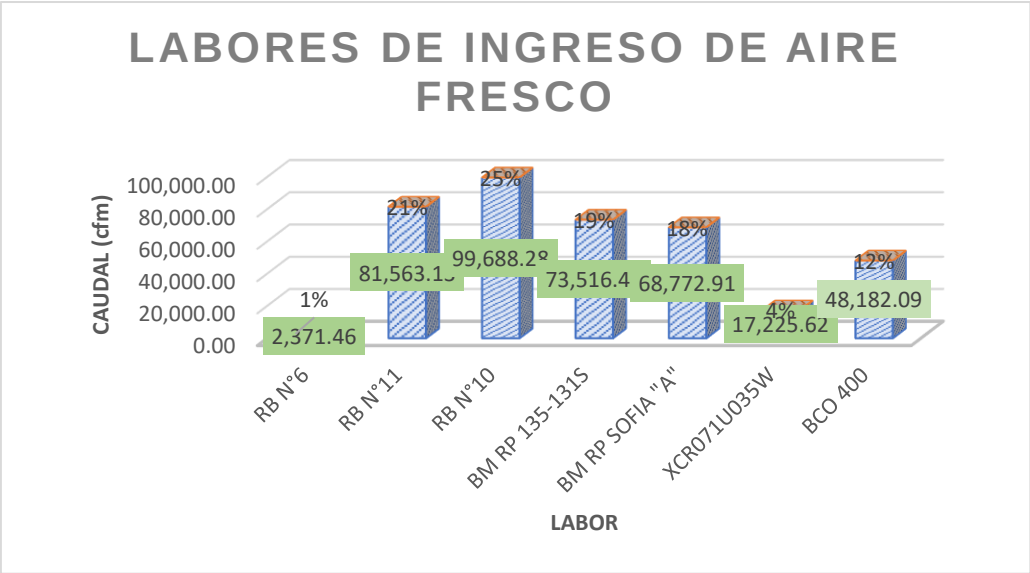
Tabla N° 5: Caudal de salida de la Mina 1

ESTAC.	UBICACIÓN			CONDICIONES AMBIENTALES					SECCION		AREA	VEL.	CAUDAL		DIST.
	NIVEL	LABOR	DETALLE	T. AMB. °C	TD °C	TWB °C	HR %	a(m), (Φ)	h(m)	Forma	m2	m/s	m3/min	cfm	(%)
EV-03	Nv 247	BM CHAVIN DE HUANTAR	Superficie	32.50	21.90	24.30	59.40	1.90	2.03	Cuadrado	3.86	0.93	214.19	7,564.19	2%
EV-08	Nv 38	RB N°05	Pasando la puerta	26.80	23.00	24.00	79.70	4.30	4.20	Baul	17.16	5.83	6,004.95	212,064.81	53%
EV-23	Nv 180	BM ABRA	Superficie	25.50	20.60	22.00	74.20	3.06	2.61	Baul	7.59	1.12	508.35	17,952.28	4%
EV-35	Nv-25	CHIMENEA 501	Conexión a GAL025D158S	26.10	23.20	25.00	66.80	5.21	4.97	Baul	24.60	1.15	1,697.26	59,938.91	15%
EV-36	Nv-25	RPA 130-08	Conexión a RPA 130-08	25.70	22.70	23.50	83.00	5.23	4.52	Baul	22.46	2.16	2,910.21	102,774.13	26%
TOTAL													11,334.97	400,294.32	100%

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

A continuación, el siguiente cuadro muestra las labores de ingreso de aire fresco tal como se muestra en el siguiente gráfico.

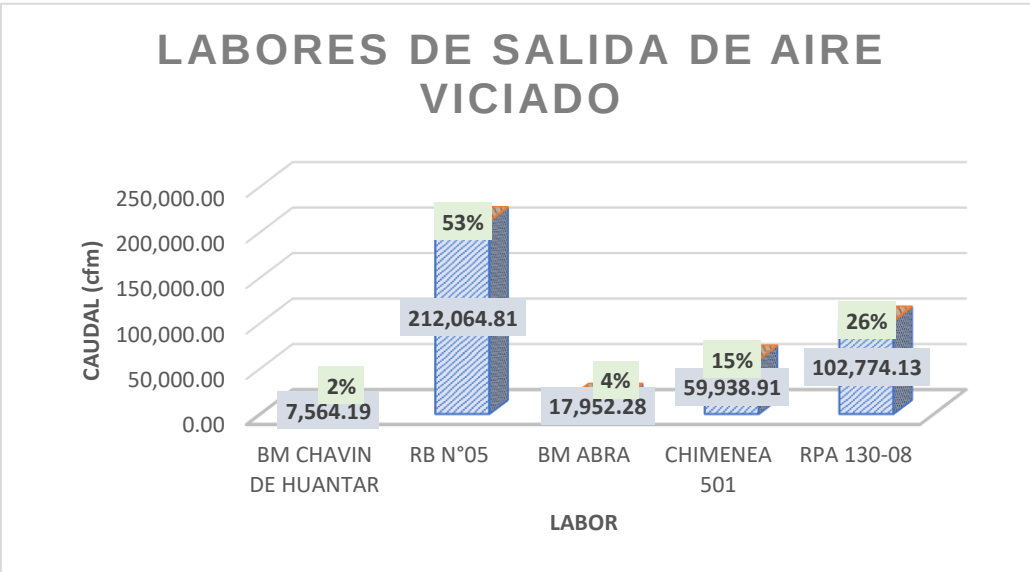
Gráfico N° 3: Labores de ingreso de aire fresco



Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera el siguiente cuadro muestra las labores de salida de aire viciado; tal como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 4: Labores de salida de aire viciado



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la siguiente tabla se muestra el resumen del total de aire que ingresa a la Mina 1 y la cantidad total de aire que sale de la Mina 1, para luego calcular el desbalance de aire, el cual no debe superar el (+/-10%) según el reglamento de seguridad vigente.

Tabla N° 6: Resumen total de Ingreso y salida de caudal de aire

RESUMEN	CAUDAL	
	m3/min	Cfm
TOTAL INGRESO	11,080.84	391,319.96
TOTAL SALIDA	11,334.97	400,294.32
DIFERENCIA	254.12	8,974.36
Diferencia Porcentual ($\pm 10\%$)		2.29%

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Zonas operativas Mina 1- Compañía Minera Colquisiri S.A.

La Mina 1 de la U.E.A. María Teresa de la compañía Minera Colquisiri S.A. abarca 3 zonas operativas actualmente, para los cuales se determinará requerimiento y la cobertura de aire necesario en cada zona.

3.2.1. Cobertura de aire en la Zona Sofia “D”

El cálculo de caudal de aire en cada zona, se estableció bajo la norma D.S N° 023-2017-EM

3.2.1.1. Requerimiento de aire por trabajadores (QTr)

Para el cálculo se consideró la guardia más numerosa y se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla N° 7: Requerimiento de Caudal de aire para personal en Sofia “D”

Personal	Zona	Total/gdia	m ³ /min	Q cfm
Mina	Sofia D	23	69.00	2,436.71
Corbitraky	Sofia D	4	12.00	423.78
DDH Rock Drill	Sofia D	3	9.00	317.83
Seguridad	Sofia D	1	3.00	105.94
Geología	Sofia D	1	3.00	105.94
DDH Cia	Sofia D	1	3.00	105.94
Planeamiento	Sofia D	1	3.00	105.94
Topografía	Sofia D	2	6.00	211.89
Relleno Hidráulico	Sofia D	7	21.00	741.61
Cyprom	Sofia D	4	12.00	423.78
Electricos	Sofia D	2	6.00	211.89
mecanicos	Sofia D	2	6.00	211.89
GO	Sofia D	1	3.00	105.94
Sptcias	Sofia D	3	9.00	317.83
TOTAL		55	165.00	5,826.92

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

3.2.1.2. Requerimiento de aire por equipos petroleros (QEq)

El cálculo de caudal de aire para los equipos con motor petrolero se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla N° 8: Requerimiento de aire para equipos petroleros en Sofia "D"

ITEM	ZONA	EQUIPO	CODIGO / PLACA	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	POTENCIA NOM. (HP)	FA	POT. EFFECT. (HP)	DM	FU	REQ. MÍNIMO	Q REQ. (m3/min)	Q REQ. (Cfm)
1		CISTERNA	D1P-780	OPERATIVO	VOLVO	FMX 6X4R	434	95%	412	85%	21%	3.00	218.78	7,726.31
2		VOLQUETE	ATW-771	OPERATIVO	VOLVO	FMX 6X4R	473	95%	449	85%	59%	3.00	680.17	24,020.05
3		VOLQUETE	ATU-817	OPERATIVO	VOLVO	FMX 6X4R	473	95%	449	30%	56%	3.00	227.65	8,039.21
4		VOLQUETE	BEN-766	OPERATIVO	VOLVO	FMX 8X4 R	532	95%	505	84%	60%	3.00	761.91	26,906.57
5		VOLQUETE	BEN-825	OPERATIVO	VOLVO	FMX 8X4 R	532	95%	505	85%	53%	3.00	677.38	23,921.36
6		VOLQUETE	BTI-858	OPERATIVO	VOLVO	FMX 8X4 R	532	95%	505	85%	54%	3.00	697.20	24,621.52
7		SCOOPTRAMS	N/A	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H	279	95%	265	75%	51%	3.00	305.96	10,804.82
8		SCOOPTRAMS	N/A	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H	279	95%	265	75%	50%	3.00	297.47	10,505.09
9		JUMBO FRONTONERO	N/A	OPERATIVO	SANDVIK	DD311	118	95%	112	70%	10%	3.00	23.83	841.71
10		JUMBO FRONTONERO	N/A	OPERATIVO	SANDVIK	DD311	118	95%	112	86%	11%	3.00	30.52	1,077.95
11		JUMBO TALADRO LARGO	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	RAPTOR 55-2R	97	95%	92	85%	10%	3.00	23.58	832.76
12		JUMBO TALADRO LARGO	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	RAPTOR 55-2R	97	95%	92	85%	20%	3.00	47.70	1,684.68
13		MOTONIVELADORA	N/A	OPERATIVO	CATERPILLAR	UG20K	145	95%	138	85%	35%	3.00	123.19	4,350.48
14		RODILLO	N/A	OPERATIVO	CATERPILLAR	CS54B	131	95%	124	75%	24%	3.00	67.84	2,395.73
15		MANIPULADOR MECÁNICO	N/A	OPERATIVO	MANITOU	MT-X1030 ST	100	95%	95	65%	55%	3.00	101.45	3,582.80
16		DESATADOR	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	SCALEMIN	160	95%	152	80%	43%	3.00	156.69	5,533.56
17		CAMION	BDN-929	OPERATIVO	HYUNDAI	HD78	127	95%	121	85%	6%	3.00	18.50	653.43
18		OMNIBUS	B10-779	OPERATIVO	HYUNDAI	COUNTRY II	127	95%	121	65%	12%	3.00	28.56	1,008.52
19		JUMBO BOLTER	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	88D	90	95%	86	80%	35%	3.00	71.82	2,536.30
20		CAMIONETA	AKN-792	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	159	95%	151	85%	6%	3.00	22.87	807.65
21		CAMIONETA	ATO-880	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	159	95%	151	70%	7%	3.00	20.64	728.89
22		CAMIONETA	BAS-798	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	159	95%	151	85%	24%	3.00	90.52	3,196.62
23		CAMIONETA	BMI-748	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	159	95%	151	85%	17%	3.00	67.01	2,366.56
24		CAMIONETA	BMT-949	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	159	95%	151	88%	21%	3.00	84.35	2,978.92
25		CAMIONETA	BHC-855	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	185	95%	176	82%	28%	3.00	121.20	4,280.29
26		CAMIONETA	X4X-795	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	185	95%	176	82%	28%	3.00	121.20	4,280.29
27		CAMIONETA	BRG-736	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	185	95%	176	84%	15%	3.00	66.43	2,346.08
28		CAMIONETA	BMX-861	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONT	185	95%	176	84%	20%	3.00	88.58	3,128.10
							6,378		6,059	79%	30%		5,243.04	185,156.25

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Y finalmente se calcula la cobertura de aire en la zona Sofia "D", tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 9: Cobertura de aire en la zona Sofia D

Parámetro	Fórmula	Donde	Valor	m3/min	cfm	%
N° de trabajadores	$Q_{Tr} = F \times N$	F = Caudal por persona a 1500 m.s.n.m N = N° persona/g	3 55	165.00	5,826.92	2%
Consumo de madera	$Q_{Ma} = T \times u$	T = Producción TMH/g u = Factor de producción	240 0	0.00	0.00	0%
Temperatura en las labores de trabajo	$Q_{Te} = V_m \times A \times N$	V _m = Velocidad mínima A = Área de la labor promedio N° de niveles con Temp. > 23°C	30 13.41 3	1,206.80	42,617.84	16%
Equipos con motor petrolero	$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u$	HP = Capacidad efectiva de potencia D _m = Disponibilidad mecanica (%) F _u = Factor de utilización (%)	6059 1 0	5,243.04	185,156.25	69%
Caudal Sub Total				6,614.84	233,601.00	87%
Fugas	$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$	0	992.23	35,040.15	13%
Requerimiento de Aire	$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$ $Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1}$		7,607.07	268,641.15	100%
	Requerimiento de Aire Sofia "D" (Q_r)			7,607.07	268,641.15	
	Caudal de Ingreso de Aire Sofia "D" (Q_i)			10,505.32	370,992.00	
	Caudal de Salida de Aire Sofia "D" (Q_s)			10,568.24	373,214.00	
	Desbalance (Q_s - Q_i)				2,222.00	0.60%
	Cobertura de Aire Sofia "D"			138.10%		
	Superávit			2,898.25	102,350.85	

Fuente: Elaboración propia

NOTA: No se considera el requerimiento por explosivo, por ser menor a requerimiento Diesel.

De la tabla N° 9; se tiene que para la zona Sofia "D" se requiere cubrir un caudal de 268,641.15 cfm, de los cuales se tiene un caudal de ingreso a la zona Sofia "D" 370,992.00 cfm.

3.2.2. Cobertura de aire en la zona Sofia “C”

3.2.2.1. Requerimiento de aire por trabajadores (QTr)

Para el cálculo se consideró la guardia más numerosa y se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla N° 10: Requerimiento de aire para personal en Sofia “C”

Personal	Zona	Total/gdia	m ³ /min	Q cfm
Mina	Sofia C	4	12.00	423.78
Corbitraky	Sofia C	0	0.00	0.00
DDH Rock Drill	Sofia C	0	0.00	0.00
Seguridad	Sofia C	1	3.00	105.94
Geología	Sofia C	1	3.00	105.94
DDH Cia	Sofia C	0	0.00	0.00
Planeamiento	Sofia C	1	3.00	105.94
Topografía	Sofia C	2	6.00	211.89
Relleno Hidráulico	Sofia C	0	0.00	0.00
Cyprom	Sofia C	0	0.00	0.00
Electricos	Sofia C	2	6.00	211.89
mecanicos	Sofia C	2	6.00	211.89
GO	Sofia C	1	3.00	105.94
Sptcias	Sofia C	3	9.00	317.83
TOTAL		17	51.00	1,801.05

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

El cálculo de caudal de aire para los equipos con motor petrolero se ilustra en la siguiente tabla.

3.2.2.2. Requerimiento de aire por equipos petroleros (QEq)

Tabla N° 11: Requerimiento de aire para equipos Diesel en Sofia "C"

ITEM	ZONA	EQUIPO	CODIGO / PLACA	POTENCIA NOM. (HP)	FA	POT. EFECT. (HP)	DM	FU	REQ. MÍNIMO (m³/min)	Q REQ. (m³/min)	Q REQ. (Cfm)
8	Sofia C	SCOOPTRAMS	N/A	279	95%	265	84%	59%	3.00	392.75	13,869.92
14	Sofia C	JUMBO TALADRO LARGO	N/A	97	95%	92	85%	10%	3.00	23.65	835.26
23	Sofia C	CAMIONETA	AKN-792	159	95%	151	85%	6%	3.00	22.87	807.65
24	Sofia C	CAMIONETA	ATO-880	159	95%	151	70%	7%	3.00	20.64	728.89
				694		659	81%	20%		459.91	16,241.71

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Y finalmente se calcula la cobertura de aire en la zona Sofia "C", tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 12: Cobertura de aire en la zona Sofia "C"

Parámetro	Fórmula	Donde	Valor	m3/min	cfm	%
N° de trabajadores	$Q_{Tr} = F \times N$	F = Caudal por persona a 1500 m.s.n.m N = N° persona/g	3 17	51.00	1,801.05	9%
Consumo de madera	$Q_{Ma} = T \times u$	T = Producción TMH/g u = Factor de producción	240 0	0.00	0.00	0%
Temperatura en las labores de trabajo	$Q_{Te} = V_m \times A \times N$	V _m = Velocidad mínima A = Área de la labor promedio N° de niveles con Temp. > 23°C	0 13.41 0	0.00	0.00	0%
Equipos con motor petrolero	$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u$	HP = Capacidad efectiva de potencia D _m = Disponibilidad mecánica (%) F _u = Factor de utilización (%)	659 81% 20%	459.91	16,241.71	78%
Caudal Sub Total				510.91	18,042.76	87%
Fugas	$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$	0	76.64	2,706.41	13%
Requerimiento de Aire	$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$ $Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1}$		587.55	20,749.18	100%
Requerimiento de Aire Sofia "C" (Qr)				587.55	20,749.18	
Caudal de Ingreso de Aire Sofia "C" (Q _i)				983.39	34,728.00	
Caudal de Salida de Aire Sofia "C" (Q _s)				994.40	35,117.00	
Desbalance (Q _s - Q _i)					389.00	1.12%
Cobertura de Aire Sofia "C"					167.37%	
Superávit				395.84	13,978.82	

Fuente: Elaboración Propia

NOTA: No se considera el requerimiento por explosivo, por ser menor a requerimiento diésel.

De la tabla N° 12; se tiene que para la zona Sofia “C” se requiere cubrir un caudal de 20,749.18 CFM de los cuales se tiene un caudal de ingreso a la zona Sofia “C” 34,728.00 CFM.

3.2.3. Cobertura de aire en la zona Charito

Para el requerimiento de caudal en la zona Charito se ha tomado los valores de requerimiento por explosivo por ser mayor a la caudal requerido por los demás parámetros de medición; para lo cual se empieza con la evaluación de la Ventilación en el Polvorín Charito.

Se realizó las mediciones de las velocidades en los compartimientos de accesorios, emulsiones y ANFO del polvorín, con el objetivo de verificar si se supera la velocidad mínima de 25 m/min que exige el D.S. 023 – 2017 E.M en cada compartimiento, asimismo se realizó el monitoreo de la temperatura y humedad presentes en el ambiente.

Donde se puede apreciar que el aire fresco que ingresa desde el Nv 153 XC Silvia, es absorbido por el ventilador (30,000 cfm) instalado antes de la puerta principal, y enviado por medio de 3 ductos o mangas flexibles hasta los 3 compartimientos, para luego ser evacuados por la Rampa 152 – 08S y la chimenea al nivel superior y consecuentemente hacia la Bocamina Abra en superficie (ver anexo 6: Circuito Charito)

Para el caso de requerimiento de aire por persona, equipo y demás parámetros de medición se detalla en la tabla N° 13 por ser menor a valores de requerimiento por explosivo.

Tabla N° 13: Cobertura de aire en la zona “Charito”

Parámetro	Fórmula	Donde	Valor	m3/min	cfm	%
N° de trabajadores	$Q_{Tr} = F \times N$	F = Caudal por persona a 1500 m.s.n.m N = N° persona/g	3 10	30.00	1,059.44	27%
Consumo de madera	$Q_{Ma} = T \times u$	T = Producción TMH/g u = Factor de producción	240 0	0.00	0.00	0%
Temperatura en las labores de trabajo	$Q_{Te} = V_m \times A \times N$	V _m = Velocidad mínima A = Área de la labor promedio N° de niveles con Temp. > 23°C	0 13.41 0	0.00	0.00	0%
Equipos con motor petrolero	$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u$	HP = Capacidad efectiva de potencia D _m = Disponibilidad mecánica (%) F _u = Factor de utilización (%)	272 86% 9%	65.09	2,298.72	60%
Caudal Sub Total				95.09	3,358.16	87%
Fugas	$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$	0	14.26	503.72	13%
Requerimiento de Aire	$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$ $Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1}$		109.36	3,861.89	100%
Requerimiento de Aire por velocidad en el polvorin de accesorios, emulsiones y anfo			866.98	30,617.05		
Requerimiento de Aire Charito (Q _r)			866.98	30,617.05		
Caudal de Ingreso de Aire Charito (Q _{ij})			932.36	32,926.00		
Caudal de Salida de Aire Charito (Q _s)			524.57	18,525.00		
Caudal de Aire Recirculando en el ventilador			414.11	14,624.00		
Cobertura de Aire Charito				107.54%		
Superávit				65.38	2,308.95	

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4. Balance zonal de cobertura de aire - MINA 1

En la siguiente tabla N° 14; se detalla el resumen total de requerimiento de aire, cobertura y superávit de aire en las 3 zonas de operación que incorpora la Mina 1 de la compañía minera Colquisiri S.A.

Tabla N° 14: Balance zonal de cobertura de aire en la Mina 1

<u>ZONAS MINA 1</u>	<u>SOFIA D</u>		<u>SOFIA C</u>		<u>CHARITO</u>	
<u>DETALLE</u>	<u>CAUDAL</u>		<u>CAUDAL</u>		<u>CAUDAL</u>	
	<u>m3/min</u>	<u>Cfm</u>	<u>m3/min</u>	<u>Cfm</u>	<u>m3/min</u>	<u>Cfm</u>
Requerimiento por N° de Trabajadores	165.00	5,826.92	51.00	1,801.05	30.00	1,059.44
Requerimiento por consumo de madera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento por Temperaturas en Labores de Trabajo	1,206.80	42,617.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Requerimiento por Equipos Petroleros	5,243.04	185,156.25	459.91	16,241.71	65.09	2,298.72
SUB TOTAL	6,614.84	233,601.00	510.91	18,042.76	95.09	3,358.16
Fugas 15%	992.23	35,040.15	76.64	2,706.41	14.26	503.72
Requerimiento aire por velocidad de los polvorines	0.00	0.00	0.00	0.00	866.98	30,617.05
Requerimiento de Aire	7,607.07	268,641.15	587.55	20,749.18	866.98	30,617.05
Caudal de Ingreso de Aire zonal (Qi)	10,505.32	370,992.00	983.39	34,728.00	932.36	32,926.00
Caudal de Salida de Aire zonal (Qs)	10,568.24	373,214.00	994.40	35,117.00	938.68	33,149.00
Desbalance (Qs -Qi)	2,222.00	0.60%	389.00	1.12%	223.00	0.68%
Cobertura de Aire zonal	138.10%		167.37%		107.54%	
Superávit	2,898.25	102,350.85	395.84	13,978.82	65.38	2,308.95

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 14; se muestra el balance de cobertura de aire zonal, del cual se observa superávit de aire que se puede aprovechar en futuras ampliaciones de la mina por zonas de trabajo.

3.3. Diagnostico modelo Ventsim 5.4. Actual

El modelamiento de la Mina 1 se realizó con los datos entregados por el área de Topografía y Planeamiento de la Compañía Minera Colquisiri S.A. y se realizó la verificación de los datos en el software MINESIGH.

3.3.1. Parámetros ambientales

Para la calibración del modelo de ventilación de la U.E.A María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A se ingresaron datos como la resistencia, altitud, temperatura, densidad, presión y costos de energía; tal como se aprecia en la tabla siguiente.

Tabla N° 15: Parámetros ambientales Ventsim 5.4.

Medio ambiente	
[RESET]	No
Aire densidad de flujo compresible	1.15 kg/m ³
Ajuste temperatura superficie	Si
Año actual	2023.4
Calor específico de la roca	320.0 J/kgC
Conductividad Térmica de la roca	0.99 Btu/h/ftF
Densidad de la roca	166 lb/ft ³
Densidad del Aire en la red	1.15 kg/m ³
Difusividad térmica de la roca	0.078 ft ² /h
Edad del conducto de aire	10.000 años
Elevación superficial de la rejilla de la mina	249.0 m
Fracción de la humedad de la roca	0.15
Gradiente geotérmico	2.4 C/100m
Presión barométrica en la superficie	99.6 kPa
Superficie atmosférica tasa de lapso	6.4 C/1000m
Superficie de referencia de humedad relativa	65.0 R
Superficie de referencia elevación sobre el nivel del mar	144.0 m
Temperatura de la roca superficial	21.8 C
Temperatura del bulbo húmedo en la superficie	21.8 C
Temperatura del bulbo seco en la superficie	26.8 C

Fuente: configuración datos medio ambiente software Ventsim 5.4.

3.3.2. Calibración del modelo 3D en software Ventsim Design 5.4

La calibración consiste en comparar o correlacionar los flujos de aire entre los datos medidos en campo versus los datos que arroja el software Ventsim 5.4, en el mismo punto de medición. Para ello el rango aceptable entre las mediciones del flujo de aire en campo vs las obtenidas en la simulación no debe superar $\pm 10\%$ tanto en las estaciones principales y secundarias de la Mina en operación (Guang, Jinxin, Baisheng, Duncan y Zhuoming, 2017).

$$\text{Error percentual} = \frac{\sum \text{Flujo campo} - \sum \text{Flujo simulado}}{\sum \text{Flujo campo}} \times 100\%$$

3.3.2.1. Correlación por Caudales y Aforos - Mina 1

Con las mediciones de Aforos en los ingresos y salidas de aire tomados en medición real, se compara con los datos obtenidos de la simulación en Ventsim 5.4 de las estaciones principales y secundarios, obteniendo así un porcentaje de variación del 10% como máximo, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 5: Correlación de ingresos y salidas de aire Mina 1



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 16: Desbalance de la correlación de caudales

Aforo	Caudal		Desbalance %
	Campo	Ventsim	
Ingreso	391320	424334	-8.44%
Salida	400294	381500	4.70%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 16 se observa un resumen del caudal de aire de ingreso y salida tanto en mediciones de campo como en aforos obtenidos por la simulación en Ventsim; teniendo un desbalance de -8.44% en los Ingresos de Aire y un desbalance de 4.70% en las Salidas de Aire.

3.3.2.2. Resumen de la red actual de la Mina 1

Con el programa Ventsim 5.4, se puede validar que el caudal de admisión en la Mina 1 es de 412,207.00 cfm, un valor que se encuentra de los rangos aceptables al compararlo con los datos reales obtenidos en campo, donde las mediciones de las estaciones de ventilación indicaron un caudal de 391,319.96 cfm. De manera similar, el caudal de extracción modelado en el programa muestra un valor 415,407.00 cfm, el cual presenta una alta concordancia con los registros tomados en las estaciones de ventilación en campo, que también 400,294.32 cfm. Estos resultados evidencian la precisión del Software en la simulación de parámetros clave de ventilación Minera contribuyendo a una toma de decisión más informada y fiable.

$$\%Var. Flujo de aire total = \frac{Flujo\ campo - Flujo\ simulado}{Flujo\ campo} \times 100\%$$

$$\%Var. Flujo de aire total = \frac{391,319.96 - 412,207.00}{391,319.96} \times 100\%$$

%Var. Flujo de aire total = 5.42%

Tabla N° 17: Resumen de la red actual de la Mina 1

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	0: ACTUAL
Todos los conductos de aire	3474
Actual etapas conductos	3011
Segmentos de etapa actual	1769
Longitud total	41.374,5 m
Caudal de aire total de admisión	412.207 cfm
Caudal de aire total de escape	415.407 cfm
Flujo de masa total	222,09 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0,03551 Ns ² /m ⁸
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0,07261 Ns ² /m ⁸

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.3.2.3. Potencia eléctrica instalada en la Mina Colquisiri S.A.

las mediciones de voltaje y amperaje realizados en la Mina Colquisiri S.A. se determinó que la potencia efectiva total es 1217 HP. Y el resumen del modelo Ventsim 5.4 se observa una potencia simulada de 1306.4 HP (ver Tabla N° 18). Del cual se deduce que la calibración del modelo en cuanto a potencia eléctrica instalada es de 92.65%.

$$\%Var. Pot. Instalada = \frac{Pot. campo - Pot. Ventsim}{Pot. campo} \times 100\%$$

$$\%Var. Pot. Instalada = \frac{1217HP - 1306.4HP}{1217HP} \times 100\%$$

$$\%Var. Pot. Instalada = -7.35\%$$

Tabla N° 18: Resumen de potencia instalado del Modelo actual

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	810.2 hp Total
	177.0 hp Chimenea
	165.1 hp Conducir
	468.1 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	1,306.4 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 853,388
Eficiencia de la red	62.0 R
Que consta de ..	
21 Ventiladores	1,306.4 hp

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

3.3.2.4. Costo de energía anual en la Mina Colquisiri S.A.

En la Mina Colquisiri, el costo unitario de energía es US\$ 0.088 kW-h. De acuerdo a las mediciones realizadas de voltaje y amperaje se determinó el costo de energía de todo el sistema de Ventilación en \$772,808. Y el costo de energía de acuerdo a las simulaciones en Ventsim es de \$ 853,388, tal como se aprecia en el siguiente Tabla N° 19.

$$\%Var. Costo energia = \frac{Costo campo - Costo Ventsim}{Costo campo} \times 100\%$$

$$\%Var. Costo energia = \frac{US\$ 772,808.0HP - US\$ 853,388.0HP}{US\$ 772,808.0HP} \times 100\%$$

$$\%Var. Costo energia = -7.83\%$$

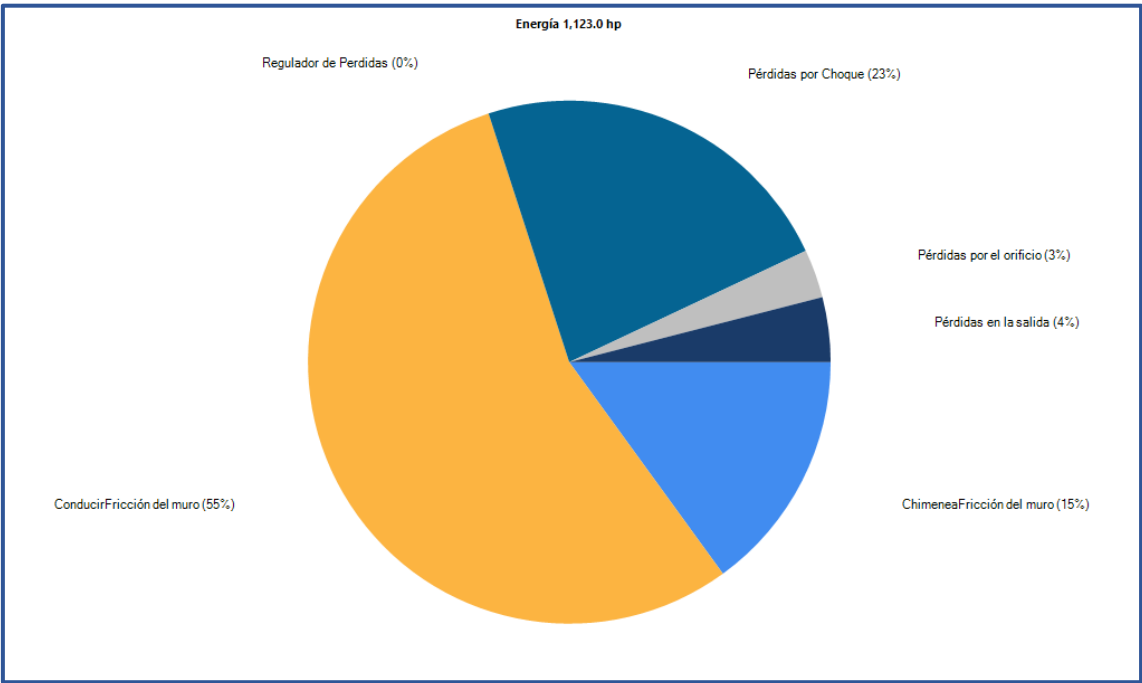
Tabla N° 19: Resumen de costo de energía anual del modelo actual

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	810.2 hp Total
	177.0 hp Chimenea
	165.1 hp Conducir
	468.1 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	1,306.4 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 853,388
Eficiencia de la red	62.0 R
Que consta de ..	
21 Ventiladores	1,306.4 hp

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

3.3.2.5. Distribución de pérdidas de energía

Gráfico N° 6: Distribución de pérdidas de energía actual

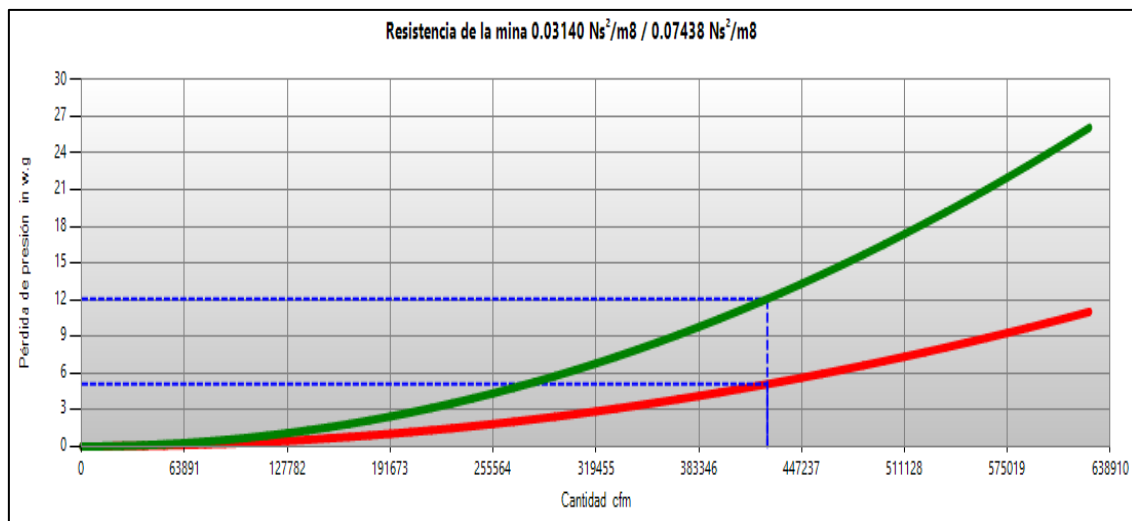


Fuente: Elaboración propia

Del grafico se deduce que, la distribución de las pérdidas de energía dentro del sistema de ventilación actual es de la siguiente manera: Pérdidas por choque (23%), labores horizontales (55%), regulador de pérdidas (0%), pérdidas en la salida (4%), mangas de ventilación (15%), pérdidas por orificio (3%).

3.3.2.6. Curva característica de resistencia de la Mina 1

Gráfico N° 7: Curva de resistencia de la Mina 1



Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Del grafico N° 7, se deduce que la Mina Colquisiri ofrece una resistencia de $0.03140 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ y cuya caída de presión es 12.07 “CA.

3.4. Sistema de ventilación proyectado a corto plazo

Para el sistema de ventilación proyectado a corto plazo se calculará los requerimientos solamente para el Nivel -25, Nivel que se encuentra en la zona Sofia D de la Mina 1.

3.4.1. Requerimiento de aire necesario para el Nivel -25

La propuesta de la ampliación de la Mina 1, Nivel -25, nace debido a la necesidad de operativizar nuevos frentes de trabajo en dicho nivel, motivo por el cual se requiere ampliar y mejorar el sistema de ventilación bajo las condiciones que establece la normativa de Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS-024-2016-EM y su modificatoria el DS-023-2017-EM.

Paralelamente la ampliación de la mina 1, Nivel -25, requiere un incremento de 24 personas adicionales y 15 equipos a Diesel, para lo cual es necesario determinar la cantidad de aire necesario en dicho Nivel.

Y Los parámetros a considerar para el cálculo de cantidad de aire necesario son:

- Requerimiento por número de trabajadores
- Requerimiento por consumo de madera
- Requerimiento por temperaturas en labores de trabajo
- Requerimiento por equipos petroleros
- Requerimiento por fugas
- Requerimiento aire por velocidad de los polvorines

y todo el desarrollo y la evaluación de los parámetros anteriormente señalados se muestra a continuación.

3.4.1.1. Requerimiento de aire por trabajadores (QTr)

Según; El **D.S. N° 023-2017-EM, Artículo 247**: En los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por minuto (3m³/min). En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala:

- De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a 4 m³/min
- De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a 5 m³/min
- Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min

Empleando la siguiente formula se calcula el Caudal Requerido por persona (QTr)

$$QTr = F * N(m^3/min)$$

Donde:

QTr = Caudal total para “n” trabajadores (m³/min);

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a escala establecida

N = Número de trabajadores de la guardia más numerosa.

El departamento de operaciones estima que en el Nv -25 se contemplara un total de 24 trabajadores destinados a diferentes actividades.

Para el cual la fórmula aplicada para calcular el caudal de consumo de aire por persona fue el siguiente ejemplo para el staff de personal en la ampliación de la Mina 1.

$$QTr = F * N = 3 * 24 = 72m^3/min$$

Requiriendo un consumo de Caudal de 72 m3/min equivalentes a 2542.66 CFM de aire necesario solamente para el personal en el Nivel -25.

A continuación, se detalla el consumo de caudal de aire por persona en m3/min y su equivalencia en CFM, tal como se muestra en la tabla N° 20.

Tabla N° 20: Caudal de aire por persona en el Nivel -25

Personal	Zona Sofia D	Total/gdia	m ³ /min	Q cfm
Mina	Nivel -25	8	24.00	847.55
DDH Rock Drill	Nivel -25	3	9.00	317.83
Seguridad	Nivel -25	1	3.00	105.94
Geología	Nivel -25	1	3.00	105.94
DDH Cia	Nivel -25	1	3.00	105.94
Planeamiento	Nivel -25	1	3.00	105.94
Topografía	Nivel -25	2	6.00	211.89
Relleno Hidráulico	Nivel -25	3	9.00	317.83
Eléctricos	Nivel -25	2	6.00	211.89
mecánicos	Nivel -25	2	6.00	211.89
TOTAL		24	72.00	2,542.66

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2 Requerimiento de aire por consumo de madera (QMa)

En el Nivel -25, el uso de madera será mínimo porque el manejo de la mina se encuentra mecanizada y al no superar los parámetros que establece la

normativa del D.S 023-2017 Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

Tabla N° 21: Factor de Producción

FACTOR DE PRODUCCIÓN DE ACUERDO AL CONSUMO DE MADERA	
Consumo de madera (%)	Factor de producción (m ³ /min)
<20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 70	1.25
Consumo de madera (%)	0

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Y el cálculo de caudal de aire por consumo de madera se determina de la siguiente manera, tal como se muestra en la siguiente tabla N° 22.

Tabla N° 22: Caudal por Consumo de Madera en el Nivel -25

Parámetro	Formula	Donde	Valor
Consumo de madera	QMa= T * U	T=Producción TMH/g	240.00
		U=Factor de producción	0

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Aplicando la fórmula que se muestra en la tabla N° 22 se determina que el QMa=0.

3.4.1.3 Requerimiento de aire por equipos petroleros (QEq)

Según el D. S. N° 023-2017-EM: Art. 252, Inciso E) El requerimiento de aire para los equipos que operan con motores petroleros no debe ser menor de 3m³/min, por la capacidad efectiva de potencia (HPs) y en función a su disponibilidad mecánica y utilización de acuerdo a la evaluación realizada por la

titular de actividad minera que considere también la altitud, el calor de los motores y las emisiones de gases y partículas en suspensión.

$$QEq = 3 * HP * Dm * Fu(m^3/min)$$

Donde:

QEq = Volumen de aire necesario para la ventilación (m³/min)

HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs)

Dm = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%)

Fu = Factor de utilización promedio de los equipos (%).

El staff de equipos a emplearse para los avances de preparación y explotación en el Nivel -25 serán de acuerdo a la necesidad de los frentes de trabajo, por ello se plantea un total 17 equipos que se movilizarán en este Nivel.

Cálculo de Caudal por Equipo Diesel Equipo Jumbo Frontonero.

Ejemplo de cálculo de caudal requerido por equipo Diesel para el Ítem 06:

$$Potencia\ Eff = Potencia\ Nominal \times F.A = 118 \times 85\% = 100.3$$

$$QEp = 3 \times HP \times Dm \times Fu = 3 \times 100.3 \times 75\% \times 10\% = 22.56 \frac{m^3}{min} = 803.45\ CFM$$

Y finalmente se calcula la cantidad total de aire necesario, para equipos petroleros, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 23: Caudal por consumo de equipos diesel en el nivel -25

ITEM	ZONA SOFIA D	EQUIPO	CODIGO / PLACA	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	POTENCIA NOM. (HP)	FA	POT. EFFECT. (HP)	DM	FU	REQ. MÍNIMO (m³/min)	Q REQ. (m³/min)	Q REQ. (Cfm)
1	NIVEL -25	CISTERNA	D1P-780	OPERATIVO	VOLVO	FMX 6X4R	434	85%	369	75%	20%	3.00	166.08	5,865.11
2	NIVEL -25	VOLQUETE	ATW-771	OPERATIVO	VOLVO	FMX 6X4R	473	85%	402	75%	40%	3.00	361.85	12,778.44
3	NIVEL -25	VOLQUETE	ATU-817	OPERATIVO	VOLVO	FMX 6X4R	473	85%	402	75%	40%	3.00	361.85	12,778.44
4	NIVEL -25	SCOOPTRAMS	N/A	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H	279	85%	237	70%	51%	3.00	254.15	8,975.10
5	NIVEL -25	SCOOPTRAMS	N/A	OPERATIVO	CATERPILLAR	R1600H	279	85%	237	75%	50%	3.00	266.16	9,399.29
6	NIVEL -25	JUMBO FRONTONERO	N/A	OPERATIVO	SANDVIK	DD311	118	85%	100	75%	10%	3.00	22.75	803.45
7	NIVEL -25	JUMBO FRONTONERO	N/A	OPERATIVO	SANDVIK	DD311	118	85%	100	70%	11%	3.00	22.31	787.79
8	NIVEL -25	JUMBO TALADRO LARGO	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	RAPTOR 55-2R	97	85%	82	85%	10%	3.00	21.10	745.10
9	NIVEL -25	JUMBO TALADRO LARGO	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	RAPTOR 55-2R	97	85%	82	80%	20%	3.00	40.03	1,413.69
10	NIVEL -25	DESATADOR	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	SCALEMIN	160	85%	136	80%	20%	3.00	65.08	2,298.14
11	NIVEL -25	CAMION	BDN-929	OPERATIVO	HYUNDAI	HD78	127	85%	108	80%	6%	3.00	15.58	550.26
12	NIVEL -25	OMNIBUS	B10-779	OPERATIVO	HYUNDAI	COUNTRY II	127	85%	108	65%	12%	3.00	25.55	902.36
13	NIVEL -25	JUMBO BOLTER	N/A	OPERATIVO	RESEMIN	88D	90	85%	77	80%	35%	3.00	64.26	2,269.32
14	NIVEL -25	CAMIONETA	AKN-792	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONTIER	159	85%	135	85%	6%	3.00	20.46	722.63
15	NIVEL -25	CAMIONETA	ATO-880	OPERATIVO	NISSAN	NP 300 FRONTIER	159	85%	135	70%	7%	3.00	18.47	652.17
							3,190		2,711	76%	22%		1,725.67	60,941.29

Fuente: Elaboración propia

La operación en el nivel -25 se ejecutarán con el staff de equipos mostrados en la tabla anterior, los cuales demandarán un caudal de aire total de 60,941.29 CFM.

3.4.1.4. Requerimiento de aire por temperatura (QTe)

Según el D. S. N° 023-2017-EM. Anexo 38, el caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo establece la escala establecida en el tercer párrafo del literal. D) del artículo 252 del reglamento.

Tabla N° 24: Velocidad mínima de aire por temperatura en el Nivel -25

Velocidad mínima según la temperatura	
Temperatura seca (T°)	Velocidad mínima (m/min)
<24	0.00
24 a 29	30.00

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

El nivel Superior más Cercano al nivel-25 es el Nivel -17 donde la temperatura Oscila los 24° y 29°.

Tabla N° 25: Calculo de sección promedio para el nivel -25

CALCULO DE SECCION PROMEDIO				
Tipo de labores	Ancho (m)	Alto (m)	Factor de corrección	Area (m2)
Rampas	4.8	4.8	0.95	21.89
Cruceros / Galerías	4.0	4.0	0.95	15.20
Chimeneas	3.0	3.0	0.95	9.00
PROMEDIO TOTAL				15.36

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Para determinar el Caudal requerido por Temperatura se aplica la siguiente formula en la tabla N° 26.

Tabla N° 26: Calculo de caudal de aire por temperatura en el nivel -25

Parámetro	Formula	Donde	Valor	m3/min	cfm	%
Temperatura en las labores de trabajo	QTe= Vm*A*N	Vm=Velocidad mínima	30			
		A=Área de la labor promedio	13.41	402.27	14,205.95	16%
		N° de niveles con Temp.>23°C	1			

Fuente: Elaboración propia

$$QTe = Vm \times A \times N = 30 \times 13.41 \times 1 = 402.27 \frac{m^3}{min} = 14205.95 CFM$$

3.4.1.5. Requerimiento de aire por fugas (QFu)

El caudal por fugas se calcula con la siguiente formula

$$QFu = 15\% \times Qt1 (m^3/min)$$

Donde:

$$QT1 = QTr + QTe + QMa + QEq$$

El Caudal requerido por fugas se muestra en la siguiente Tabla N° 27.

Tabla N° 27: Caudal por Fugas en el Nivel -25

Parámetro	Fórmula	Donde	Valor	m3/min	cfm	%
N° de trabajadores	$Q_{Tr} = F \times N$	F = Caudal por persona a 1500 m.s.n.m N = N° persona/g	3 24	72.00	2,542.66	3%
Consumo de madera	$Q_{Ma} = T \times u$	T = Producción TMH/g u = Factor de producción	240 0	0.00	0.00	0%
Temperatura en las labores de trabajo	$Q_{Te} = V_m \times A \times N$	V _m = Velocidad mínima A = Área de la labor promedio N° de niveles con Temp. > 23°C	30 13.41 1	402.27	14205.95	16%
Equipos con motor petrolero	$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u$	HP = Capacidad efectiva de potencia D _m = Disponibilidad mecánica (%) F _u = Factor de utilización (%)	2711 76% 22%	1,725.67	60941.46	68%
Caudal Sub Total				2,199.94	77,690.06	87%
Fugas	$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$	15%	329.99	11,653.51	13%

Fuente: Elaboración propia

El caudal necesario por fugas en el nivel -25 será de 11,653.51 CFM, tal como se muestra en la tabla N° 27.

3.4.1.6. Requerimiento de aire por consumo de explosivo (QEx)

Para el Nivel -25, no se considera el requerimiento de Caudal por explosivo, por ser menor a requerimiento Diesel.

Cuando en la operación no se utilicen equipos con motor petrolero, debe calcularse y tener en cuenta la necesidad de aire requerido por consumo de explosivos, conforme lo siguiente. **Según el D. S. N° 023-2017-EM.**

$$QEx = A * V * N(m^3/min)$$

Donde:

QEx= Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m³/min)

A = Área promedio de labores (m²)

V = Velocidad mínima requerida según norma (m/min)

N = Número de niveles en voladura

Tabla N° 28: Ecuación de Novitsky

ECUACION DE NOVITSKY
$Q=(100 \times K \times a)/(d \times T);(m^3/min)$
Q= Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado; m ³ /min
K= Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60%; Kg
a= Volumen de gases generados por cada Kg. De explosivo. Valor sugerido: 0.04(m ³ /kg de explosivo).
d= Porcentaje de dilucion de los gases, deben de ser diluidos a no menos de 0.008% y se aproxima a 0.01%
T= Tiempo de dilución de los gases (minutos).
(*) Data obtenida del reglamento chileno.

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

No se considera el requerimiento de Caudal por explosivo, por ser menor a al caudal requerido por equipos Diesel.

3.4.2. Requerimiento total de aire necesario para el Nivel -25

Se estima de un caudal de requerimiento necesario de 89,343.57 CFM para realizar trabajos en el Nivel -25.

Tabla N° 29: Caudal de aire requerido en el Nivel -25

Parámetro	Fórmula	Donde	Valor	m3/min	cfm	%
N° de trabajadores	$Q_{Tr} = F \times N$	F = Caudal por persona a 1500 m.s.n.m N = N° persona/g	3 24	72.00	2,542.66	3%
Consumo de madera	$Q_{Ma} = T \times u$	T = Producción TMH/g u = Factor de producción	240 0	0.00	0.00	0%
Temperatura en las labores de trabajo	$Q_{Te} = V_m \times A \times N$	V _m = Velocidad mínima A = Área de la labor promedio N° de niveles con Tenp. > 23°C	30 13.41 1	402.27	14205.95	16%
Equipos con motor petrolero	$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u$	HP = Capacidad efectiva de potencia D _m = Disponibilidad mecanica (%) F _u = Factor de utilización (%)	2711 76% 22%	1,725.67	60941.46	68%
Caudal Sub Total				2,199.94	77,690.06	87%
Fugas	$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$	15%	329.99	11,653.51	13%
Requerimiento de Aire	$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu}$	$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$ $Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1}$		2,529.93	89,343.57	100%

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Balance de aire para ventilar en el Nivel -25

El balance de aire requerido para cubrir las necesidades de suministro de caudal de aire en el Nivel -25 y dar un confort laboral según los cálculos en Requerimiento de Caudal por equipos, trabajadores, temperatura etc. Será de 89,343.57 cfm, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 30: Resumen de requerimiento de Aire para el Nivel-25

ZONAS MINA 1		SOFIA D-NIVEL -25	
DETALLE		CAUDAL	
		m3/min	Cfm
Requerimiento por N° de Trabajadores		72.00	2,542.66
Requerimiento por consumo de madera		0.00	0.00
Requerimiento por Temperaturas en Labores de Trabajo		402.27	14,205.95
Requerimiento por Equipos Petroleros		1,725.67	60,941.46
SUB TOTAL		2,199.94	77,690.06
Fugas	15%	329.99	11,653.51
Requerimiento aire por velocidad de los polvorines		0.00	0.00
Requerimiento de Aire Nivel -25		725,958.80	89,343.57

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Cobertura de aire de la zona SOFIA D + NIVEL -25

Tabla N° 31: Cobertura de Aire Zonal

ZONA MINA 1		SOFIA "D"+ NIVEL -25	
DETALLE		CAUDAL	
		m3/min	cfm
Requerimiento por N° de trabajadores		72.00	2,542.66
Requerimiento por consumo de madera		0.00	0.00
Requerimiento por Temperaturas en labores de trabajo		402.27	14,206.03
Requerimiento por Equipos Petroleros		1,725.67	60,941.46
SUB TOTAL		2,199.94	77,690.15
Fugas		329.99	11,653.49
Requerimiento aire por velocidad de los polvorines		0.00	0.00
Requerimiento de aire Nivel -25		2,529.93	89,343.63
Requerimiento de aire zona Sofia D		7,607.07	268,641.15
REQUERIMIENTO TOTAL		10,137.00	357,984.78
Caudal de ingreso de aire Zona "D" (Qi)		10,505.32	370,992.00
Caudal de salida de aire Zona "D" (Qs)		10,568.24	373,214.00
Desbalance (Qs - Qi)		2,222.00	0.60%
Cobertura de aire zonal			103.63%
Superávit		368.32	13,007.22

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de escenarios de sistema de ventilación en el Nv -25

La propuesta de escenarios para el diseño de sistema de ventilación en el nivel -25 de la zona Sofia de “D”, se desarrolla de acuerdo al contexto que se tiene planificado de acuerdo a la geomorfología que presenta la mineralización de la zona Sofia “D”. (*Ver anexo 5: Plano Nivel -25*).

Por tal motivo se plantea 3 escenarios de análisis en dicho nivel, para lo cual se utilizaron ventiladores de 45,000.00 CFM y de 80,000.00 CFM, considerando que los escenarios deberán satisfacer las necesidades del caudal del requerimiento en el Nivel -25. Según la normativa peruana D.S. 024-2016-E.M. con su modificatoria en el D.S. 023-2017-E.M.

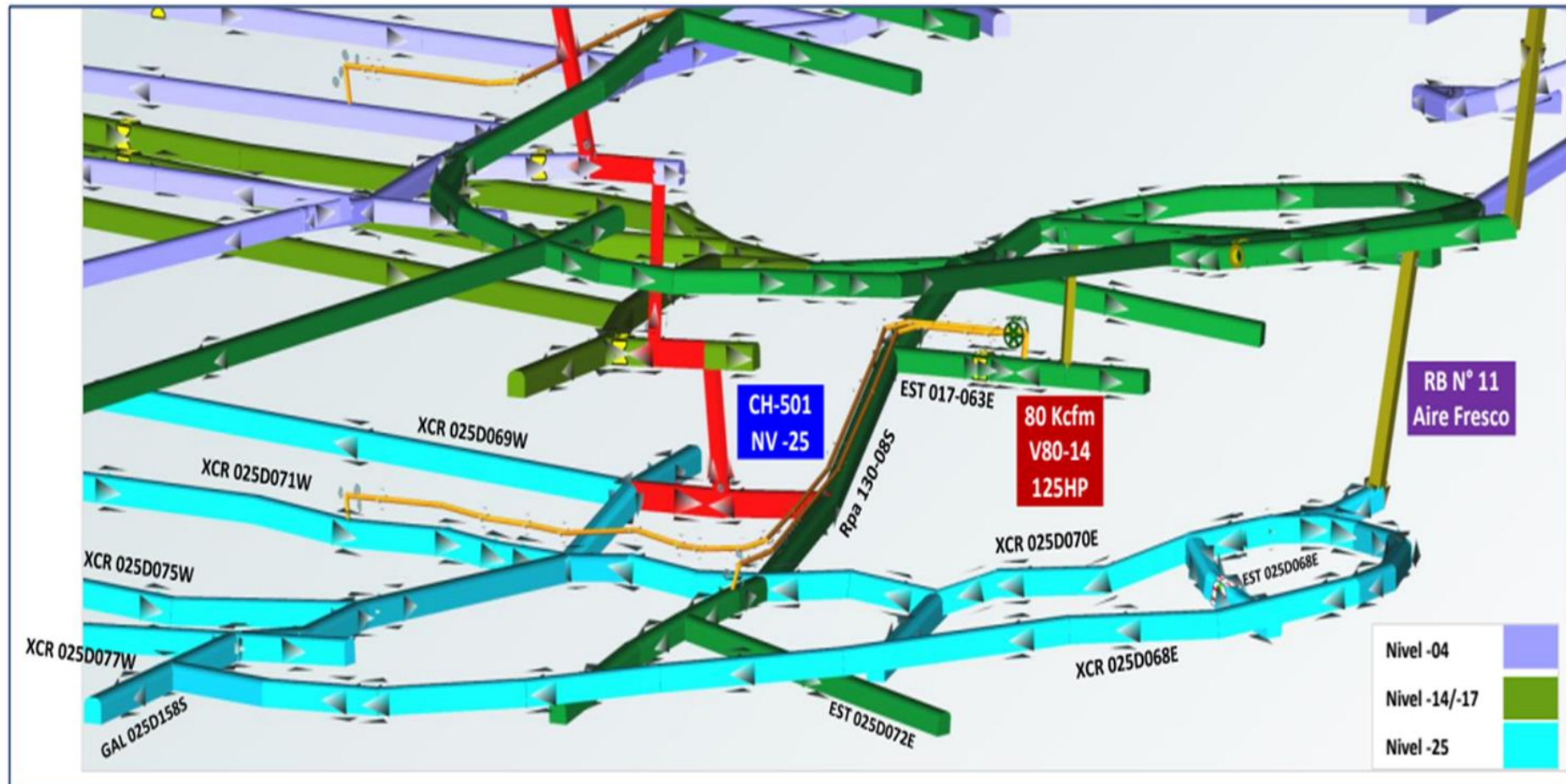
4.1.1. Escenario 1

Para la propuesta del escenario N°1 se considera solamente un ventilador de 80,000.00 cfm en un lugar estratégico, tal como se aprecia en el plano N° 1, con su respectivo plan de actividades que se detalla a continuación.

plan de actividades:

- Ventilador de 80,000.00 cfm (V80-14), con dos líneas de manga de 32" Ø, inyectando aire con una línea al XCR 025D071W y la otra línea Tramo Final Rpa 130-08S.
- Ingreso de aire fresco por el RB N°11, no utilizado adecuadamente, debido a la evacuación de una proporción de aire por medio de la CH5-501.
- Ventilador de 80Kcfm (V80-14) al estar apagado, el CXR 025D068E se mantiene acolchonado el aire y sin circuito de extracción.

Figura N° 5: Propuesta del escenario N° 1 en el nivel -25



Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

a) Resultados del Escenario 1 - MINA 1

Con el programa Ventsim 5.4, se puede validar que el caudal de admisión en la Mina 1 es de 424,495 cfm, un valor que se encuentra dentro de los rangos aceptables al compararlo con los datos reales obtenidos en campo, donde las mediciones de las estaciones de ventilación indicaron un caudal de 391,319.96 cfm. De manera similar, el caudal de extracción modelado en el programa muestra un valor de 427,717 cfm, el cual presenta una alta concordancia con los registros tomados en las estaciones de ventilación en campo, que también fue de 400,294.32 cfm. Estos resultados evidencian la precisión de Software en la simulación de parámetros clave de ventilación minera contribuyendo a una toma de decisiones más informada y fiable.

Tabla N° 32: Resumen de la red sistema Mina 1- Escenario 1

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	1: Nivel -25 Esc. 01
Todos los conductos de aire	3611
Actual etapas conductos	3154
Segmentos de etapa actual	1838
Longitud total	43.233,1 m
Caudal de aire total de admisión	424.495 cfm
Caudal de aire total de escape	427.717 cfm
Flujo de masa total	228,71 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0,03145 Ns^2/m^8
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0,07465 Ns^2/m^8

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

b) Resultados del escenario 1 - NIVEL -25

Para el Nivel -25, el ingreso de aire proyectado y simulado con el programa Ventsim fue desarrollado utilizando la información proporcionada por el área de planeamiento, con el objetivo de proyectar adecuadamente este nivel. Los resultados muestran que el caudal de ingreso proyectado es de 149,879 cfm, mientras que el caudal de salida alcanza un valor de 150,834 cfm, lo que evidencia una adecuada correspondencia entre las proyecciones y los valores simulados. Este análisis contribuye a optimizar las condiciones de ventilación en dicho nivel.

Tabla N° 33: Resumen de la red del sistema Nivel -25 – Escenario 1

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	0: Abril 2023
Todos los conductos de aire	5132
Actual etapas conductos	120
Segmentos de etapa actual	56
Longitud total	1.807,2 m
Caudal de aire total de admisión	149.879 cfm
Caudal de aire total de escape	150.834 cfm
Flujo de masa total	82,30 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0,00459 Ns ² /m ⁸
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0,16989 Ns ² /m ⁸

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

c) Consumo de energía

Del resumen de la potencia global se obtiene una potencia eléctrica de entrada 1380.7 HP y un costo de energía anual de US\$ 901,902.00. (Ver Tabla

34). Del cual la potencia eléctrica de entrada para el nivel -25 es 125 HP y un costo de energía anual de US\$ 39,917.00.

Tabla N° 34: Resumen de potencia Mina 1- Escenario 1

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	814,1 hp Total
	177,4 hp Chimenea
	165,6 hp Calle
	471,1 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia	72,0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	1.380,7 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 901.902
Eficiencia de la red [Flujo de aire / Total]	62,2 R / 59,0 R

Fuente: Software Ventsim Desing 5.4

4.1.2. Escenario 2

Para la propuesta de escenario 2 se plantea inyección de aire por medio de las 2 rampas de acceso al Nivel -25, los cuales son la rampa 130-08S y la rampa 135-131S.

Para mayor detalle del escenario N° 2 se divide en 2 sub escenarios, como primer sub escenario con la inyección de aire por la rampa 130-08S y como segundo sub escenario con la inyección de aire por la rampa 135-131S.

La razón de la división del escenario N° 2 en 2 sub escenarios es para describir con mayor detalle los planes de actividades en cada sub escenario en su correspondiente plano, esto debido a la complejidad de las labores mineras.

4.1.2.1. Sub escenario N° 1 - Nivel -25 con la rampa 130-08S

Plan de actividades:

- Movimiento de Ventilador de 80,000.00 cfm a la GAL 025D1585, para la inyección de aire fresco del RB N° 11, por medio de dos ductos de Ø 32" los XCR 025D067W y XCR 025D069W.
- Mantener el Tapón en la EST 017-063E, para dar circuito a la Rpa 130-80S.
- Mantener el Tapón (malla y manga) en el XCR 025D070E, evitando que la CH-501 extraiga el aire fresco del RB N° 11.
- Mantener el Tapón regulable en la estocada del eje de la CH-501 con la Rpa 130-08S.
- Mantener la puerta cerrada en la columna de extracción de la CH-501 del nivel -04.
- Mantener la puerta abierto en un 50% en la columna de extracción de la CH-501 del Nivel 17.
- Tapón provisional en el nivel -25, EST025D069W, con el fin de evitar que el aire viciado de los XCR 025D067W y XCR 025D069W retorne por la chimenea al nivel -14.

Figura N° 6: Sub escenario 1- Nivel -25 con la rampa 130-08S



Fuente: Software Ventsin Design 5.4.

4.1.2.2. Sub escenario N° 2 - Nivel -25 con la rampa 135-131S

Plan de actividades

- Mover el ventilador de 45Kcfm a la EST017D068E, para inyectar aire fresco desde el nivel -17, por medio de 02 ductos de 32" Ø a los frentes de trabajo, colocar tapón de malla y manga para evitar recirculación.
- Mantener el Tapón (malla y manga) en la columna de inyección de aire fresco, Nivel -14 en la EST014D069W, Nivel -04 en la EST 04-067W.
- Mantener la puerta abierta a un 100% en el eje de extracción del RB N°05 en el Nivel -04.
- En el XCR 04-138N, mantener cerrado la puerta al Refugio Nv -4.
- Mantener la puerta del Nivel 38 regulada en un 25%, en el eje de extracción del RB N°05, solamente cuando haya operaciones en ese nivel.

Figura N° 7: Sub escenario 2 - Nivel -25 con la Rampa 135-131S



Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

a) Resultados del escenario 2 - MINA 1

Con el programa Ventsim 5.4, se puede validar que el caudal de admisión en la mina 1 es de 418,601.00 cfm, un valor que se encuentra dentro de los rangos aceptables al compararlo con los datos reales obtenidos en campo, donde las mediciones de las estaciones de ventilación indicaron un caudal de 391,319.00 cfm. De manera similar, el caudal de extracción modelado en el programa muestra un valor de 422,005 cfm, el cual presenta una alta concordancia con los registros tomados en las estaciones de ventilación en campo, que también fue de 400,294.00 cfm. Estos resultados evidencian la precisión del Software en la simulación de parámetros clave de ventilación minera contribuyendo a una toma de decisiones más informada y fiable.

Tabla N° 35: Resumen de la red del sistema Mina 1- Escenario 2

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	2: Nivel -25 Esc. 02
Todos los conductos de aire	3611
Actual etapas conductos	3296
Segmentos de etapa actual	1941
Longitud total	44,113,9 m
Caudal de aire total de admisión	418.601 cfm
Caudal de aire total de escape	422.005 cfm
Flujo de masa total	225,49 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0,03434 Na ² /m8
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0,07799 Na ² /m8

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

b) Resultados del escenario 2 - NIVEL -25

Para el nivel -25, el ingreso de aire proyectado y simulado con el programa Ventsim 5.4 fue desarrollado utilizando la información proporcionada por el área de planeamiento, con el objeto de proyectar adecuadamente este nivel. Los resultados muestran que el caudal de ingreso proyectado es de 135,081cfm, mientras que el caudal de salida alcanza un valor de 135,274cfm, lo que evidencia una adecuada correspondencia entre las proyecciones y los valores simulados. Este análisis contribuye a optimizar las condiciones de ventilación en dicho nivel.

Tabla N° 36: Resumen de la red del sistema Nivel -25 – Escenario 2

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	2: Nivel -25 Esc. 02
Todos los conductos de aire	3611
Actual etapas conductos	183
Segmentos de etapa actual	92
Longitud total	2,365.0 m
Caudal de aire total de admisión	135,081 cfm
Caudal de aire total de escape	135,274 cfm
Flujo de masa total	73.87 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.00835 Ns^2/m^8
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.29057 Ns^2/m^8

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

c) Consumo de energía

Del resumen de la potencia global se obtiene una potencia eléctrica de entrada 1378.7 HP y un costo de energía anual de US\$ 900,596.00 (Ver tabla

N° 37). Del cual la potencia eléctrica de entrada para el nivel -25 es 125 HP y un costo de energía anual de US\$ 45,432.00.

Tabla N° 37: Resumen de potencia Mina 1- Escenario 2

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	816,2 hp Total
	183,5 hp Chimenea
	175,9 hp Calle
	456,8 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia	56,3 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	1.378,7 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 900.596
Eficiencia de la red (Flujo de aire / Total)	61,7 R / 59,2 R

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

4.1.3. Escenario 3

De igual manera la propuesta de escenario N° 3 se plantea con la inyección de aire por medio de las 2 rampas de acceso al nivel -25, pero con un contexto diferente que el escenario N° 2.

Para mayor detalle del escenario N° 3 se plantea como primer Sub escenario con la inyección de aire por la rampa 130-08S y como segundo Sub escenario con la inyección de aire por la rampa 135-131S.

La razón de la división del escenario N° 3 en 2 sub escenarios es para describir con mayor detalle los planes de actividades en cada Sub escenario en su correspondiente plano, esto debido a la complejidad de las labores mineras.

4.1.3.1. Sub escenario N° 1 - NIVEL -25 con la rampa 130-08S

Plan de actividades

- Retirar el ventilador de 80Kcfm ubicada en la EST 017-063E.
- Instalar un ventilador de 45Kcfm en la GAL 025D158S, el cual ventilará los tajeos en los XCR 025D071W y XCR 025D075W.
- Mantener el Tapón en la EST 017-063E, para dar circuito a la Rampa 130-80S.
- Mantener el tapón (malla y manga) en el XCR 025D070E, evitando la extracción del aire fresco del RB N° 11, por la CH-501.
- Mantener el Tapón regulable en la estocada del eje de la CH-501 (Nv -25) con la Rampa 130-08S y mantenerla cerrada a un 100%.
- Mantener el Tapón regulable en la estocada del eje de la CH-501 (Nv -25) con el XCR 025D069W y mantenerla abierta en un 60%
- Puerta en el Nivel -04, mantener abierta en un 100% para la extracción de aire por la CH-501.
- Puerta en el Nivel 17 mantener abierto en un 25% en la columna de extracción de la CH-501, para extraer los retornos de aire de ese nivel

Figura N° 8: Sub escenario 1 - Nivel -25 con la rampa130-08S



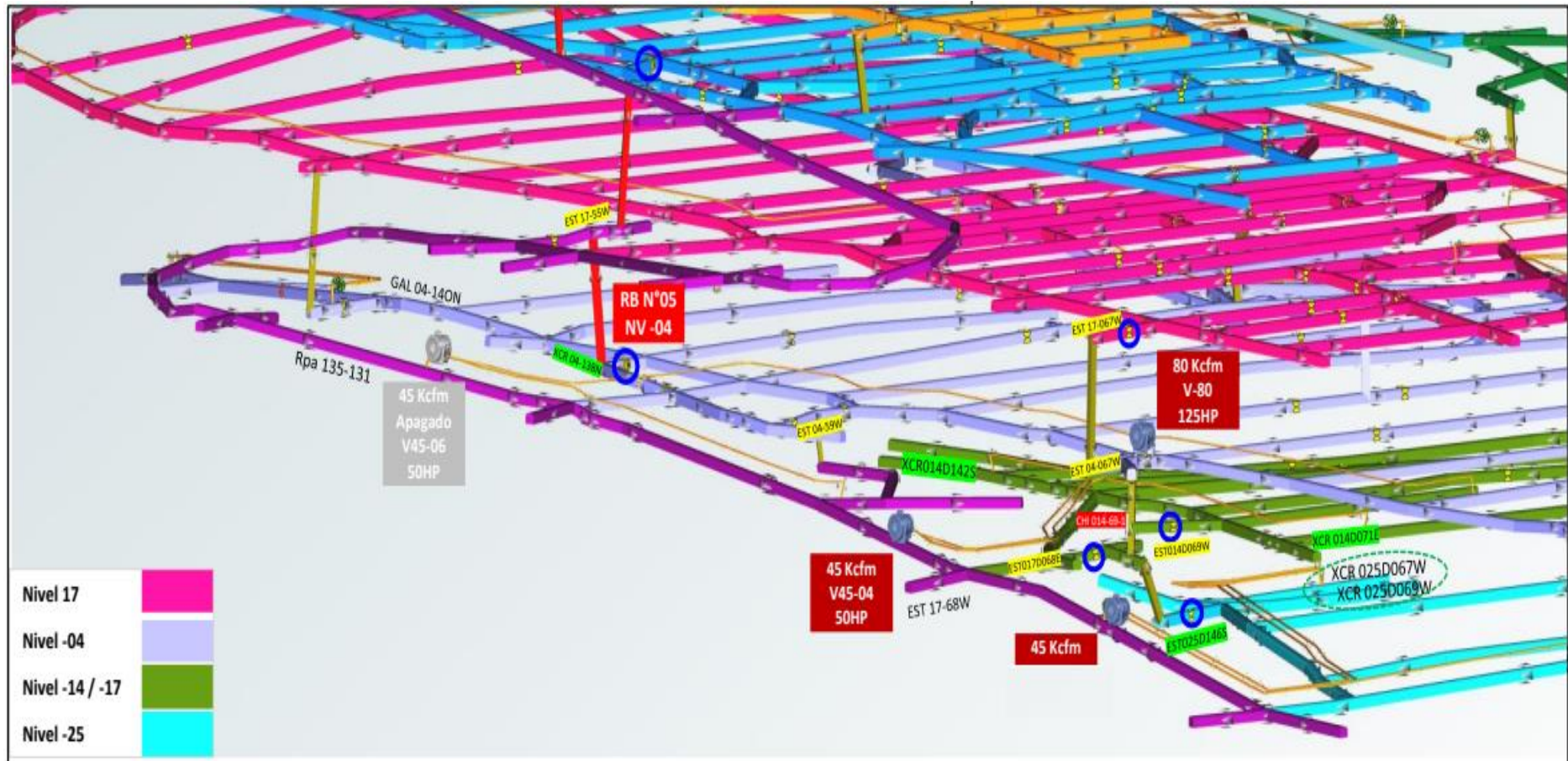
Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

4.1.3.2. Sub escenario N° 2 - Nivel -25 con la rampa 135-131S

Plan de actividades:

- Mantener el Tapón (malla y manga) con regulador en EST 017-067W, para extraer el aire de ese nivel cuando haya operaciones en ese sector.
- Mantener el Tapón (malla y manga) en la EST017D068E en el nivel -17 para que el aire se extraiga por el nivel -14.
- Mantener ventilador de 45K cfm en la Rampa 135-131 inyectando aire hacia los frentes del XCR014D142S y XCR014D71E.
- Instalar un ventilador de 45K cfm para ventilar los XCR 025D067W Y XCR 025D069W y avance de la diamantina de EST025D146S.
- Instalar Malla en la EST014D069W y EST025D146S.
- Mantener el Ventilador extractor en el Nivel -04 de 80K cfm en la EST 04-067W, el cual extraerá el aire viciado de los Niveles -25 y -14.
- Mantener puerta Abierta Nivel -04 al 100%, del eje del RB N° 05, para extraer todo el aire viciado de profundización direccionado por el ventilador de 80Kcfm.
- Mantener puerta del Nivel 38 regulada en un 25%, en el eje de extracción del RB N°05, solamente cuando haya operaciones en ese nivel.

Figura N° 9: Sub escenario 2 - Nivel -25 con la rampa 135-131S



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

a) Resultados del Escenario 3 - MINA 1

Con el programa Ventsim 5.4, se puede validar que el caudal de admisión en la mina 1 es de 416,300.00 cfm, un valor que se encuentra dentro de los rangos aceptables al compararlo con los datos reales obtenidos en campo, donde las mediciones de las estaciones de ventilación indicaron un caudal de 391,319.96 cfm. De manera similar, el caudal de extracción modelado en el programa muestra un valor de 420,034 cfm, el cual presenta una alta concordancia con los registros tomados en las estaciones de ventilación en campo, que también fue de 400,294.32 cfm. Estos resultados evidencian la precisión del software en la simulación de parámetros clave de ventilación minera, contribuyendo a una toma de decisiones más informada y fiable.

Tabla N° 38: Resumen de la red del sistema Mina 1- Escenario 3

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	3: Nivel -25 Esc.03
Todos los conductos de aire	3611
Actual etapas conductos	3243
Segmentos de etapa actual	1904
Longitud total	43,770.7 m
Caudal de aire total de admisión	416,300 cfm
Caudal de aire total de escape	420,034 cfm
Flujo de masa total	224.27 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.03514 Ns ² /m ⁸
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.07921 Ns ² /m ⁸

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

b) Resultados del escenario 3 - NIVEL -25

Para el nivel -25, el ingreso de aire proyectado y simulado con el programa Ventsim fue desarrollado utilizando la información proporcionada por el área de

planeamiento, con el objetivo de proyectar adecuadamente este nivel. Los resultados muestran que el caudal de salida alcanza un valor de 104,384 cfm, mientras que el caudal de salida alcanza un valor de 104,030cfm, lo que evidencia una adecuada correspondencia entre las proyecciones y los valores simulados.

Tabla N° 39: Resumen de la red del sistema Nivel -25 - Escenario 3

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	3: Nivel -25 Esc.03
Todos los conductos de aire	3611
Actual etapas conductos	192
Segmentos de etapa actual	99
Longitud total	2,338.5 m
Caudal de aire total de admisión	104,384 cfm
Caudal de aire total de escape	104,030 cfm
Flujo de masa total	56.97 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.02941 Ns ² /m ⁸
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.37915 Ns ² /m ⁸

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

c) Consumo de energía

Del resumen de la potencia global se obtiene una potencia eléctrica de entrada 1418.8 HP y un costo de energía anual de US\$ 926,834.00 (Ver tabla N° 40). Del cual la potencia eléctrica de entrada para el nivel -25 es 150 HP y un costo de energía anual de US\$ 70,939.00.

Tabla N° 40: Resumen de potencia Mina1 – Escenario 3

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	816.5 hp Total
	176.9 hp Chimenea
	185.3 hp Calle
	454.3 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia	58.6 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	1,418.8 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 926,834
Eficiencia de la red [Flujo de aire / Total]	60.0 R / 57.5 R

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

4.2. Resumen general de cobertura de los 3 escenarios- Mina1 + Nv-25

Del análisis se determina que los 3 escenarios planteados son viables, con resultados casi similares, tal como se muestra.

Tabla N° 41: Resumen de los 3 Escenarios de la Mina 1 + Nivel -25

RESUMEN	REQUERIMIENTO ACTUAL DE AIRE MINA CFM	INGRESO DE AIRE CFM	SALIDA DE AIRE CFM	COBERTURA	POTENCIA INSTALADA HP	COSTO DE ENERGIA ANUAL US\$	VIABILIDAD
ESCENARIO 1	409 351.01	424,495.00	427,717.00	105%	1,381	901,902	VIABLE
ESCENARIO 2	409 351.01	418,601.00	422,005.00	103%	1,379	900,596	VIABLE
ESCENARIO 3	409 351.01	416,300.00	420,000.00	102%	1,419	926,834	VIABLE

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Resumen general de cobertura de los 3 escenarios - NIVEL -25

Del análisis para Nv -25 se deduce que los 3 escenarios planteados son viables, pero con mayor posibilidad el escenario 1

Tabla N° 42: Resumen de los 3 Escenarios para el Nivel -25

RESUMEN	REQUERIMIENTO DE AIRE EN EL NIVEL -25	INGRESO DE AIRE CFM	SALIDA DE AIRE CFM	COBERTURA	POTENCIA INSTALADA HP	COSTO DE ENERGIA ANUAL US\$	VIABILIDAD
ESCENARIO 1	89,343.63	149,879.00	150,834.00	168%	132.8	39,917	VIABLE
ESCENARIO 2	89,344.63	135,081.00	135,274.00	151%	132.8	45,432	VIABLE
ESCENARIO 3	89,345.63	104,384.00	104,030.00	117%	150.0	70,939	VIABLE

Fuente: Elaboración propia

4.3. Velocidades de aire en los 3 escenarios - NIVEL -25

Para el presente análisis se determinó la velocidad de aire simulado en cada escenario y su correspondiente rendimiento del ventilador asignado, tal como se muestra a continuación.

4.3.1. Velocidad de aire para escenario 1 - ventilador de 80kcfm

Según figura N° 10: El escenario 1, utilizando el ventilador VAV-54-26.5-1750-I con una capacidad de 80,000 cfm, se observa que únicamente las zonas marcadas en color verde cumplen con la normativa de velocidad de aire requerida para ANFO, que es de 25 m/min. Por otro lado, las zonas en color rojo no alcanzan la velocidad estipulada por la normativa.

Este análisis permite concluir que esta alternativa no logra cumplir con la meta de velocidad de aire necesaria, comprometiendo la efectividad de la ventilación en las áreas críticas en el nivel -25.

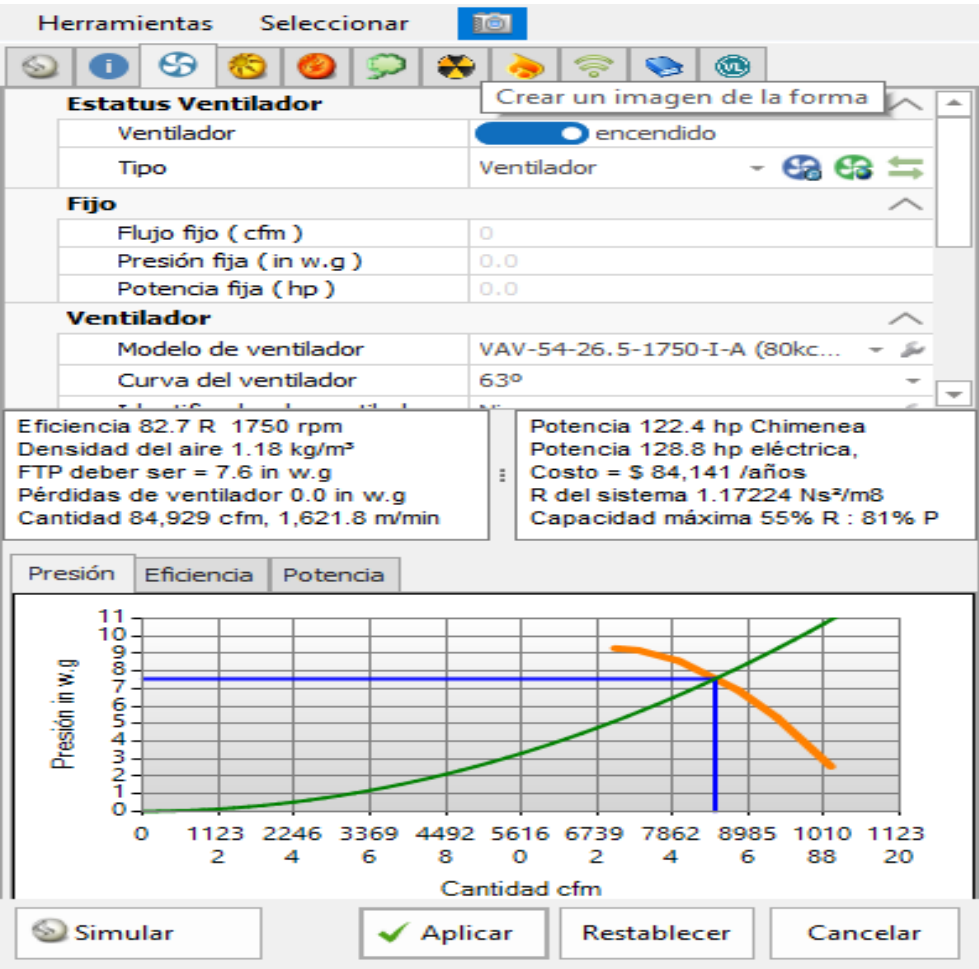
4.3.1.1. Eficiencia del ventilador VAV-54-26.5-1750-I de 80,000 CFM

El ventilador axial modelo VAV-54-26.5-1750-I de la marca Airtec, con una capacidad de 80,000 cfm, formaba parte del inventario de ventiladores en estado de stand-by. Como medida correctiva para suplir el caudal de aire requerido, se seleccionó este equipo para ventilar las zonas XCR 025D071W y la continuación de la rampa 130-08S, áreas previamente consultadas con el departamento de planeamiento, quienes confirmaron la disposición de personal para trabajar en dichas ubicaciones.

En la simulación, se verificó que el ventilador opera dentro de parámetros aceptables de su rango de funcionamiento. Según la gráfica de su curva de

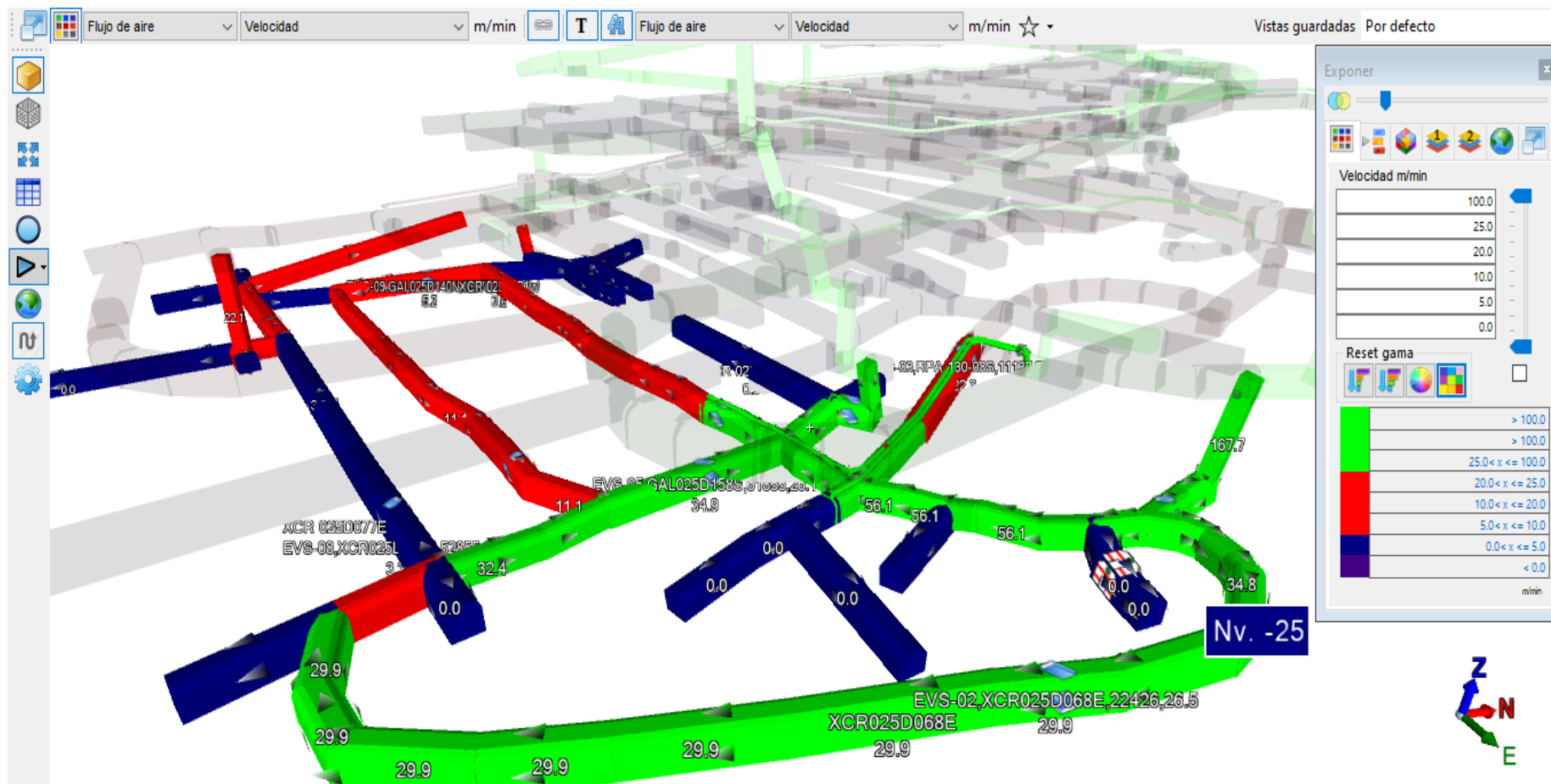
desempeño, el punto de operación se encuentra cercano al centro de la curva y con una eficiencia del 82.7%, lo que indica un funcionamiento óptimo y seguro, reduciendo al mínimo el riesgo de ingresar en la zona de stall, donde podrían generarse vibraciones o daños al equipo.

Grafico N° 8: Curva de operación de ventilador para escenario 1



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Figura N° 10: Simulación de velocidad de aire para Escenario 1



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

4.3.2. Velocidad de aire para escenario 2 - Ventilador de 80kcfm

Según figura N° 11: El escenario 2, utilizando el ventilador VAV-54-26.5-1750-I con una capacidad de 80,000 cfm, se observa que las zonas marcadas en color verde cumplen con la normativa de velocidad de aire requerida para ANFO, que es de 25 m/min. Aunque las áreas en color rojo se han reducido en comparación con el escenario anterior, no han sido eliminadas por completo y siguen sin alcanzar la velocidad mínima estipulada por la normativa.

Este análisis permite concluir que esta alternativa cumple parcialmente con la meta de velocidad de aire necesaria, pero continúa comprometiendo la efectividad de la ventilación en las áreas críticas del Nivel -25.

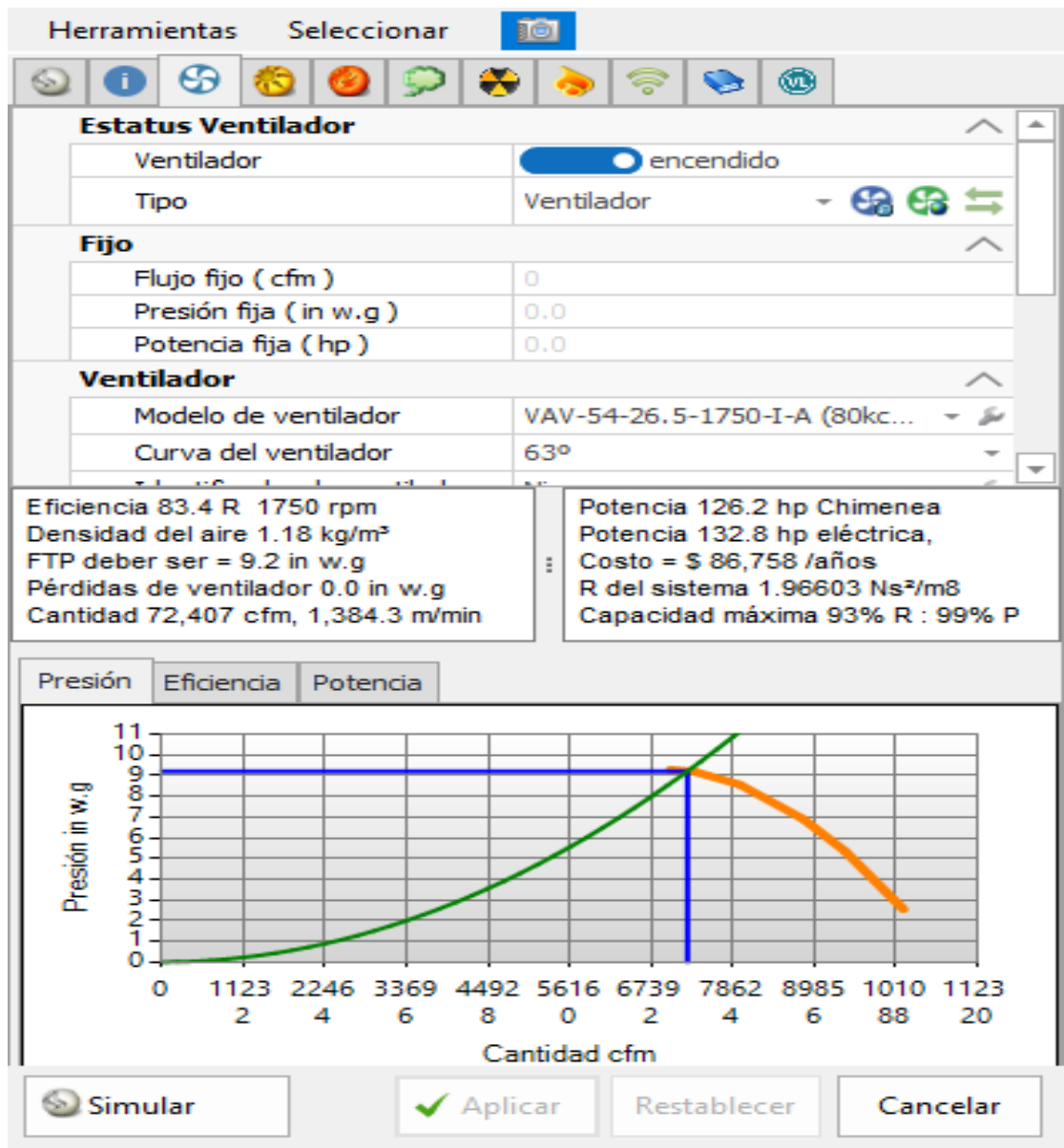
4.3.2.1. Eficiencia del ventilador VAV-54-26.5-1750-I de 80kcfm

El ventilador axial modelo VAV-54-26.5-1750-I de la marca Airtec, con una capacidad de 80,000 cfm, formaba parte del inventario de ventiladores en estado de stand-by. Como medida correctiva para suplir el caudal de aire requerido, se seleccionó este equipo para ventilar las zonas XCR 025D067W y XCR 025D069W, áreas previamente coordinadas con el departamento de planeamiento. Este último confirmó la disposición de personal para trabajar en dichas ubicaciones y analizar la influencia del ventilador en todo el nivel -25.

En la simulación, se verificó que el ventilador opera en el límite de los parámetros aceptables de su rango de funcionamiento. Según la gráfica de su curva de desempeño, el punto de operación se encuentra cercano al extremo izquierdo de la curva, en la zona de stall, y con una eficiencia del 83.4%. En esta región, el ventilador comienza a experimentar problemas de vibración, lo que

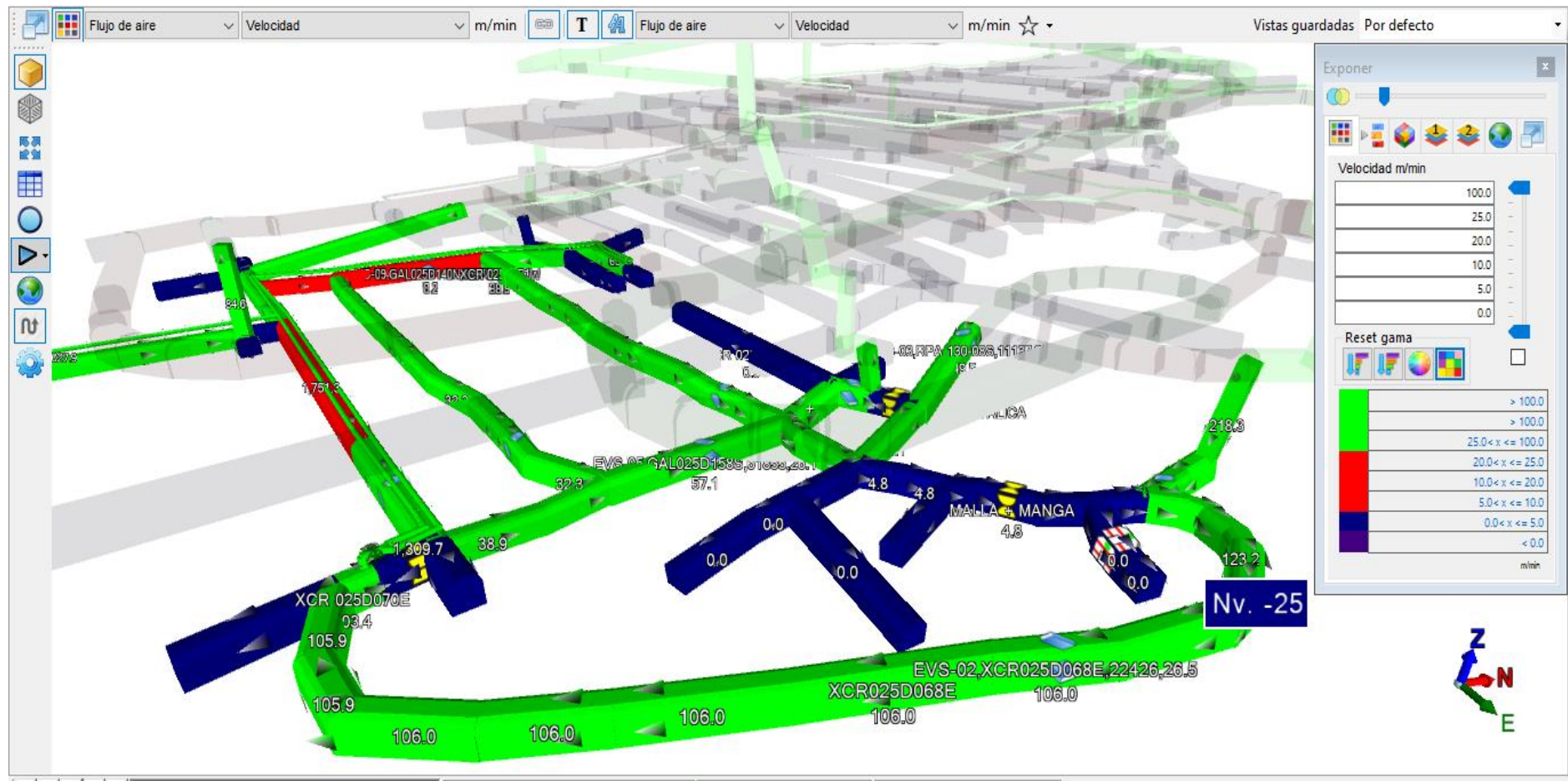
incrementa el riesgo de sufrir daños considerables si no se toman medidas correctivas oportunas.

Gráfico N° 9: Curva de operación de ventilador para escenario 2



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Figura N° 11: Simulación de velocidad de aire para escenario 2



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

4.3.3. Velocidad de aire para escenario 3 – 2 Ventiladores de 45kcfm

Según figura N° 12: El escenario 3, utilizando 02 ventiladores VAV-42.25-21-1750-I-A con capacidad de 45,000 cfm, se observa que las zonas marcadas en color verde cumplen con la normativa de velocidad de aire requerida para ANFO, que es de 25 m/min. Aunque las áreas en color rojo se han reducido en comparación con el escenario anterior, estas no alcanzan aún la velocidad mínima estipulada por la normativa.

Este análisis permite concluir que esta alternativa logra cumplir parcialmente con la meta de velocidad de aire necesaria, lo que sigue comprometiendo la efectividad de la ventilación en las áreas críticas del nivel -25.

4.3.3.1. Eficiencia de los ventiladores de 45kcfm en el escenario 03

Para este escenario, se optó por un cambio considerable, utilizando dos ventiladores adicionales que estaban disponibles en el taller mecánico en estado de stand-by. En este caso, se emplearon dos ventiladores de 45 KCFM, modelo VAV-42.25-21-1750-I, con las siguientes configuraciones:

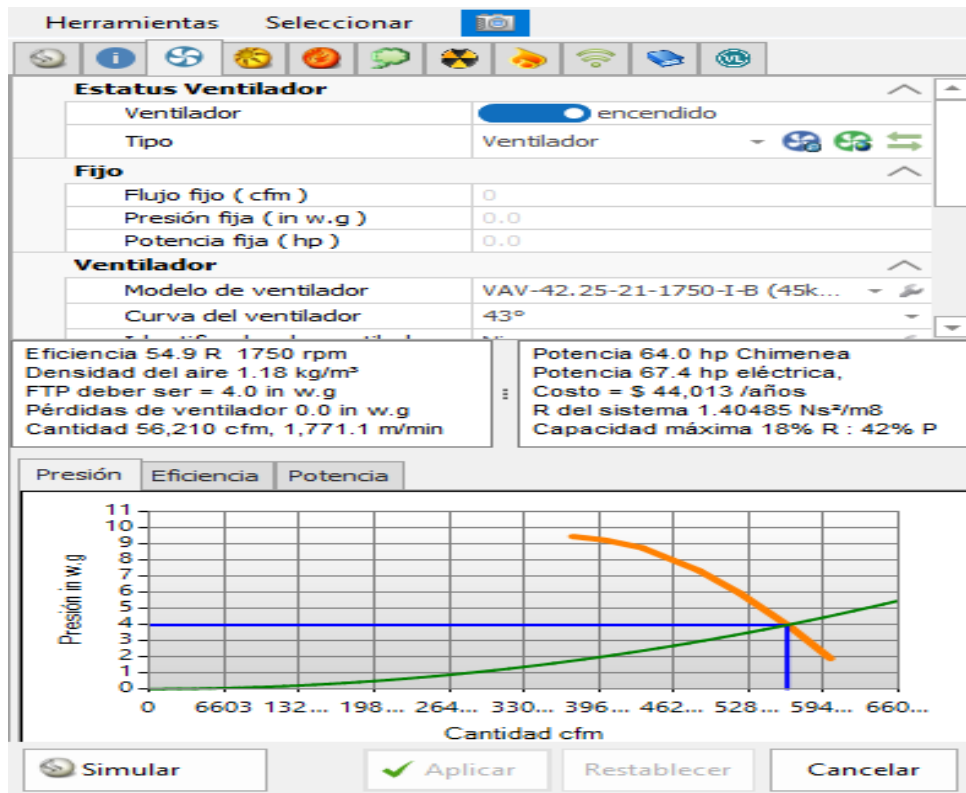
- Ventilador VAV-42.25-21-1750-I-A: Instalado en la rampa 135-131 S, encargado de ventilar la labor XRC 025D069E.
- Ventilador VAV-42.25-21-1750-I-B: Colocado en la ubicación XCR 025D070E, ventila las labores XRC 025D075W y XRC 025D071W.

Estos puntos estratégicos fueron seleccionados considerando las áreas de trabajo del personal y para evaluar la interacción de los ventiladores en el nivel -25.

En los parámetros de simulación:

- El ventilador VAV-42.25-21-1750-I-A muestra un punto de operación aceptable dentro de su rango funcional, sin riesgo de problemas por vibraciones y alcanzando una eficiencia del 54.9%.

Gráfico N° 10: Curva de operación del ventilador para escenario 3 Nv -25

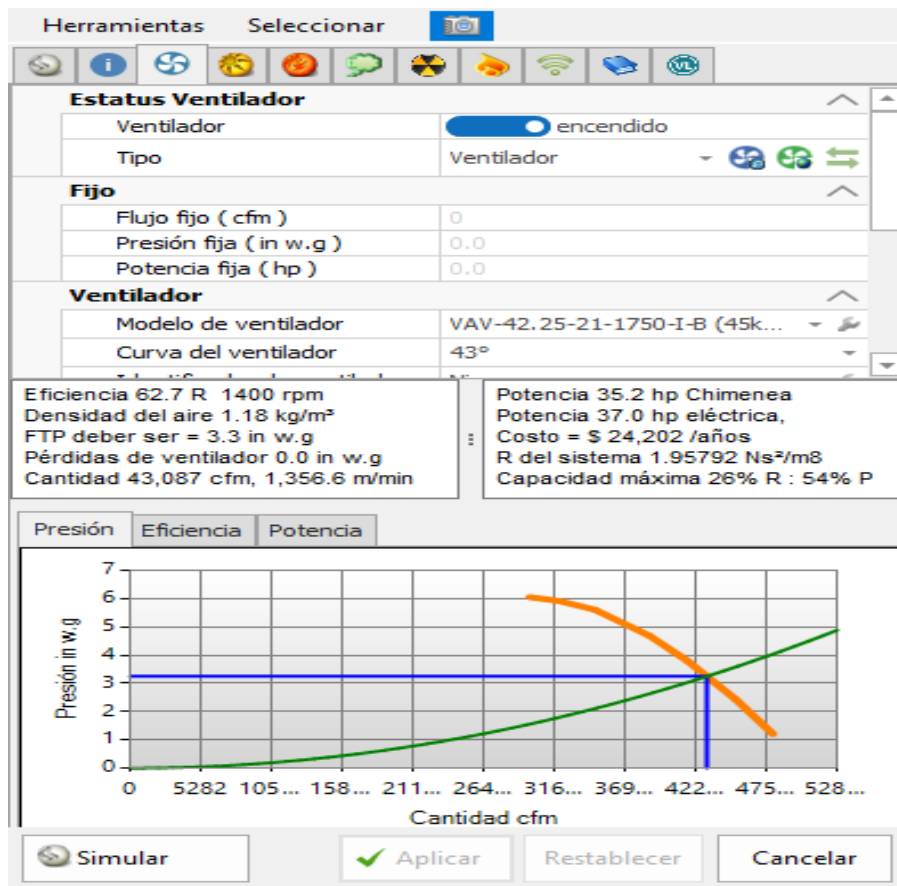


Fuente: Software Ventsim Design 5.4

- El ventilador VAV-42.25-21-1750-I-B presenta un punto de operación más favorable, ubicándose cerca del centro de su curva de desempeño. Esto

garantiza un funcionamiento óptimo, elimina cualquier riesgo relacionado con vibraciones o daños al equipo y alcanza una eficiencia del 62.7%.

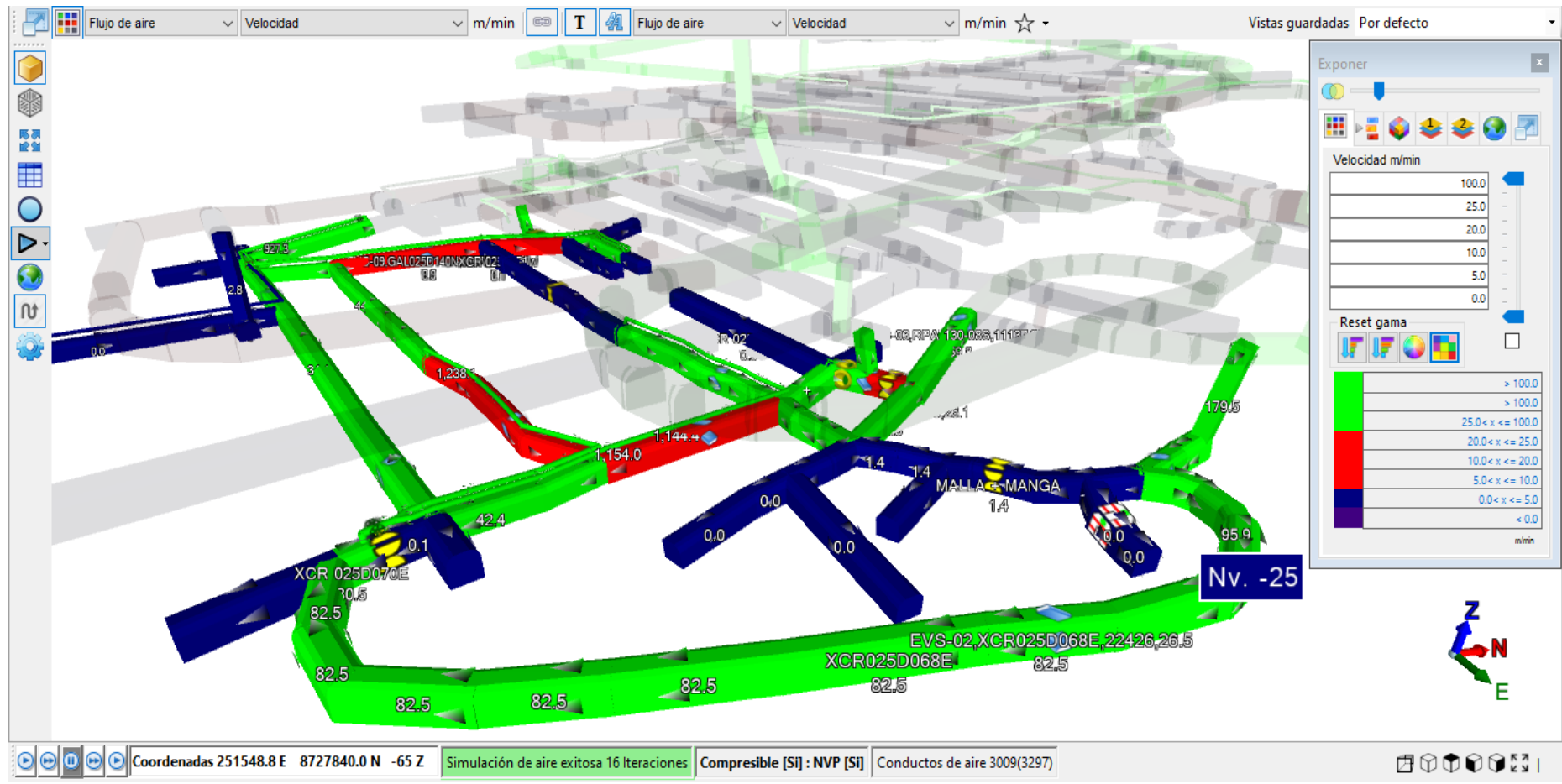
Gráfico N° 11: Curva de operación del ventilador para escenario 3 Nv -25



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

La implementación de esta solución asegura una mejor distribución del flujo de aire y mayor confiabilidad operativa en las labores ventiladas.

Figura N° 12: Simulación de velocidad de aire para escenario 3



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

4.4. Resultados de velocidades de los 3 escenarios propuestos

Las simulaciones en cada escenario mostrado anteriormente se detallan en la siguiente tabla N° 43, como resumen para su mejor entendimiento e interpretación de ello.

Tabla N° 43: Resumen de velocidad estipulada por la normativa con relación a la eficiencia del ventilador asignado

RESUMEN	% DE COBERTURA DE AIRE CON VELOCIDAD MINIMA ESTIPULADA POR LA NORMATIVA	EFICIENCIA DE VENTILADOR ASIGNADO	CRITERIO SEGÚN LA GRAFICA DE SU CURVA DE DESEMPEÑO DEL VENTILADOR
ESCENARIO 1	Menor a 50%	82.70%	Funcionamiento optimo y seguro
ESCENARIO 2	Igual a 85%	83.40%	problemas de vibración, riesgo de sufrir daños considerables del equipo
ESCENARIO 3	Igual a 81%	54.90%	Funcionamiento optimo y seguro
		62.70%	Funcionamiento optimo y seguro

Fuente: Elaboración propia

4.5. Análisis de parámetros técnicos de perforación y voladura

4.5.1. Diseño de malla de perforación y voladura

Para la preparación de labores de acceso como cruceros rampas y galerías en el nivel -25; se ha considerado los siguientes parámetros técnicos de perforación y voladura.

Tabla N° 44: Parámetros de diseño de malla de perforación

CALCULO DEL DISEÑO DE MALLA - SECCIÓN 4.0 X4.0		
PARÁMETROS DISEÑO MALLA	UND	III
Ancho del Túnel	m	4.0
Altura del Túnel	m	4.0
Área Sección Vertical	m ²	15.20
Perímetro	m	11.14
Densidad de la roca	Tn/m ³	2.70
Porcentaje de avance por tipo de Roca	%	70%
Diámetro del Taladro (*)	m	0.045
Diámetro del Taladro alivio	pulg	3
Diámetro del Taladro alivio (*)	m	0.076
N° Taladros de alivio	c/u	4
Diámetro equiv. Taladro vacío	m	0.152
Factor de roca	%	0.30
Factor de Fijación		1.45
Angulo de inclinación Barrenos zapateras	m	0.2
error de emboquillado	m	0.02
Desviación Angular		0.01
Desviación de la Perforación	m/m	0.033

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 45: Características de explosivos empleados

EXPLOSIVOS	UND	III
Explosivo Cuadrantes		
Largo del explosivo	m	0.30
Peso del explosivo	kg	0.27
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	1.0
Explosivo Zapateras		
Largo del explosivo	m	0.30
Peso del explosivo	kg	0.27
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	1.00
Explosivo Coronas		
Largo del explosivo	m	0.71
Peso del explosivo	kg	0.20
Potencia Relativa con respecto al Anfo	S anfo	0.76

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 46: Longitud de perforación

LONGITUD DE PERFORACIÓN RECOMENDADA	UND	III
Largo Perforación	m	3.66
Avance Estimado	m	2.56

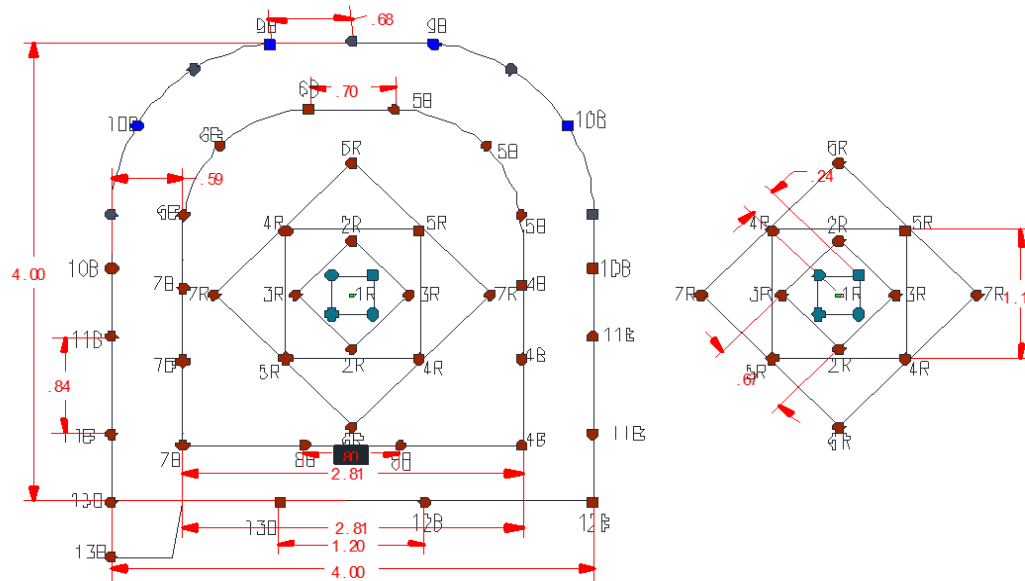
Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 47: Malla de perforación - características

MALLA PERFORACIÓN	UND	III
Arranque		
Burden	m	0.24
Concentración de carga del explosivo	Kg/m	0.58
Espaciamiento	m	0.34
Taco	m	0.45
Largo de la columna a cargar	m	2.11
Carga de un barreno	kg/m	1.22
Número de cartuchos de explosivo	und	4.00
Primera Ayuda		
Burden Teórico	m	0.34
Burden Practico	m	0.30
Espaciamiento	m	0.72
Espaciamiento Practico	m	0.64
Segunda Ayuda		
Burden Teórico	m	0.49
Burden Practico	m	0.46
Espaciamiento	m	1.20
Espaciamiento Practico	m	1.12
Tercera Ayuda		
Burden Teórico	m	0.63
Burden Practico	m	0.60
Espaciamiento	m	1.74
Espaciamiento Practico	m	1.60
ZAPATERAS (PISO)	UND	III
Burden	m	1.28
Espaciamiento	m	1.20
N taladros zapateras	N	4.00
Taco	m	0.45
Largo de la columna a cargar	m	2.11
Carga de un barreno	kg/m	1.22
Número de cartuchos de explosivo	und	5.00
Total de Cartuchos PRC	und	20
CAJAS (CUADRADORES)	UND	III
E/B		1.25
Burden	m	1.08
Concentración teórica	Kg/m	0.58
Numero de taladros por caja (hastial)	m	2.1
espaciamiento	m	0.84
Taco	m	0.45
Largo de la columna a cargar	m	2.11
Carga de un barreno	kg/m	1.22
Número de cartuchos de explosivo	und	4.00
Total de Cartuchos PRC	und	8
CORONAS (RECORTE)	UND	III
Concentración carga teórica	Kg/m	0.18
Burden	m	0.96
Factor de Fijación		1.25
E/B		0.80
Espaciamiento	m	0.68
N° tiros coronas	und	9.00
Explosivo por tiro ó carga de un barreno	kg/barreno	0.47
Número de cartuchos	und	3.00
Total de cartuchos	und	27

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Figura N° 13: Trazo de malla de perforación



Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 48: Distribución de explosivos

Área	N° Tal c/u	Tal mm	Cartuchos por Taladro	Sub Total de Cartuchos	PESO EXPLOSIVO kg	Total Kg
Tal Vacíos Arranque	4	102				
Tal Vacíos Recorte	5	45				
Arranque	1	45	5	5	0.27	1.35
Primera Ayuda	4	45	4	16	0.27	4.32
Segunda Ayuda	4	45	4	16	0.27	4.32
Tercera Ayuda	4	45	4	16	0.27	4.32
Cuarta Ayuda				-	0	0.00
Ayuda Piso	4	45	4	16	0.27	4.32
Piso	5	45	6	30	0.27	8.10
Pre Perímetro	10	45	4	40	0.27	10.80
Cuadrador	4	45	5	21	0.27	5.67
Recorte (Exacorte)	6	45	3	18	0.20	3.60
Total de Taladro	51			178		46.80
Taladros vacíos	9					
Taladros cargados	42					

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

4.5.2. Cálculo del costo por metro en cruceros, galerías y rampas

El cálculo de costo por metro lineal se detalla a continuación, tal como se encuentra en la tabla N° 49.

Tabla N° 49: Calculo de costo/metro-lineal en cruceros rampas y galerías

CRUCERO Y GALERIAS DE SECCION 4 X 4 m - LIMPIEZA CON SCOOPTRAM								
PARTIDA:			N° Tal:			51		
EQUIPOS:			PERFORACION CON JUMBO - SCOOP 2,2 YD3			N° Tal.carg.:		
SECCION:			4.0 m x 4.0 m			42		
NO INCLUYE:			TRANSPORTE			AVANCE:		
						3.29 ml/dis		
ITEM	DESCPCION	INCIDENCIA	UND	CANTIDAD	P. U.		SUBTOTAL US\$	TOTAL US\$/ML
1.	MANO DE OBRA						263.26	79.97
	Maestro Scoopero	1.00	Tarea	1.00	78.98	US\$/Tarea	78.98	
	Operador Jumbo	1.00	Tarea	1.00	86.16	US\$/Tarea	86.16	
	Ayud. Jumbo	1.00	Tarea	1.00	57.44	US\$/Tarea	57.44	
	Bodeguero	0.25	Tarea	1.00	43.08	US\$/Tarea	10.77	
	Supervision (ingeniero-capataz)	0.25	Tarea	1.00	119.66	US\$/Tarea	29.92	
2.	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						9.02	2.74
	Personal Operativo Normal	1.25	Tarea	1.00	2.17	US\$/Tarea	2.72	
	Personal Operativo en Agua	2.00	Tarea	1.00	3.15	US\$/Tarea	6.31	
3.	MATERIALES Y HERRAMIENTAS						126.88	38.54
	Barra Conica de 12'	1.11	uni	1.00	85.71	US\$/uni	95.24	
	Broca descartable de 76 mm	1.05	uni	1.00	19.64	US\$/uni	20.68	
	Manguera de 1"	0.01	m	25.00	3.57	US\$/m	0.74	
	Manguera de 1/2"	0.01	m	25.00	1.79	US\$/m	0.37	
	Conexiones de manguera	0.01	jgo	4.00	9.82	US\$/m	0.22	
	Aceite	1.02	gl	1.00	7.14	US\$/gl	7.29	
	Herramientas	1.00	Tarea	1.00	2.35	US\$/Tarea	2.35	
4.	EQUIPOS						150.22	45.63
	Jumbo Sandvick	2.00	Tarea	2.00	25.33	US\$/Hr	101.32	
	Repuestos de lámpara	1.00	Tarea	1.00	0.36	US\$/Tarea	0.36	
	scooptram 2.2 yd3	2.00	Tarea	2.00	20.34	US\$/Hr	40.68	
	Bomba sumergible	0.25	Tarea	6.00	0.45	US\$/Hr	0.68	
	Ventilador 45,000 CFM	0.25	Tarea	2.00	1.04	US\$/Hr	0.52	
	Grupo electrogeno	0.25	Tarea	2.00	13.32	US\$/Hr	6.66	
5.	EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS						250.14	75.99
	Emulnor® 3000 1 1/4" x 12"	1.00	Cart	177.00	0.54	US\$/und	95.58	
	Fanel® 4.2 metros TP	1.00	Pza	42.00	1.26	US\$/und	52.92	
	Carmex® de 2.4 metros	1.00	Pza	42.00	0.54	US\$/m	22.68	
	Mecha de Rápida	1.00	Mts	168.00	0.47	US\$/m	78.96	
6.	SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS						799.53	242.88
7.	COSTOS INDIRECTOS							
	Contingencias materiales		%	20%		US\$	159.91	
	Gastos Generales		%	40.00%		US\$	105.31	
	Utilidad		%	10%		US\$	79.95	
							345.16	104.85
TOTAL COSTO x METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/ML)								347.73

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 50: Parámetros técnicos de construcción de rampas y cruceros

PARAMETROS TECNICOS PARA LA CONSTRUCCION DE RAMPAS Y CRUCEROS					
Equipo de limpieza	sccoptram				
Ancho de Labor	4.00	m			
Alto de Labor	4.00	m			
Tipo de Roca	III regular				
Número de Taladros	51	Taladros	Cartucho /Taladro	Peso/Explosivo (kg/car)	Peso Total/Explosivo
Vac. Arranque	4	Taladros	0		
Vac. Recorte	5	Taladros	0		
Arranque	1	Taladros	5	0.27	1.35
1° ayuda	4	Taladros	4	0.27	4.32
2° ayuda	4	Taladros	4	0.27	4.32
3° ayuda	4	Taladros	4	0.27	4.32
Ayuda de Piso	4	Taladros	4	0.27	4.32
Piso	5	Taladros	6	0.27	8.10
Pre Perimetro	10	Taladros	4	0.27	10.80
Recorte	4	Taladros	5	0.27	5.40
Corona	6	Taladros	3	0.20	3.60
Total taladros cebados	42		39.00	2.36	46.53
Taladros de alivio	9				
Numero de cartuchos/disparo	177.00	cart/dis			
Longitud de Taladro	12	Pies			
Longitud de Taladro	3.66	m			
Eficiencia de perforación	90.00%	%			
Eficiencia de voladura	90.00%	%			
Rendimiento	3.29	m/disparo			
% de Esponjamiento	40.00%	%			
Volumen in Situ	50.04	m3			
Cantidad de carga por sección	1.54	kg/m3			
Volumen Roto	70.05	m3			
Toneladas a remover	135.10	tn			
Peso de Explosivo por disparo	46.53	kg/dispar o			
Factor de Perforación	3.36	m/m3			
Factor de carga	0.93	kg/m3			
Factor de potencia	0.34	kg/Tn			

Fuente: Mina Colquisiri S.A.

De la tabla se deduce que, el costo por metro lineal será 347.73\$/ml; lo cual servirá para calcular los costos de operación en la habilitación de cruceros, galerías y rampas en el Nivel -25.

4.6. Costo de sistema de ventilación para la ampliación del nivel -25

El costo referente a la ampliación del sistema de ventilación en el Nivel -25 contemplará Costos Capex y Opex.

4.6.1. Análisis de costo CAPEX y OPEX para escenario 1

Para el presente análisis se desarrolla el costo capital y el costo de operación solamente para escenario 1.

4.6.1.1 Costo de capital (CAPEX)

El presente análisis toma en cuenta el costo de labores que incluye el nivel -25, y la adquisición de ventilador que tentativamente soluciona el sistema de ventilación en el Nivel -25.

Tabla N° 51: Costo CAPEX

LABORES	Descripción	Precio unitario \$/ml Labor de 4mX4m	Metraje	ETAPA I	TOTAL US\$
XCR-25D068E	Costo labores horizontales	347.73	54.09	18,809	18,809
	sub Total CAPEX			18,809	18,809
XCR-25DE071W	Costo labores horizontales	347.73	148.8	51,742	51,742
	sub Total CAPEX			51,742	51,742
GAL-25D158S	Costo labores horizontales	347.73	129.98	45,198	45,198
	sub Total CAPEX			45,198	45,198
XCR-25D075W	Costo labores horizontales	347.73	165.52	57,556	57,556
	sub Total CAPEX			57,556	57,556
XCR-25077E	Costo labores horizontales	347.73	229.71	79,877	79,877
	sub Total CAPEX			79,877	79,877
GAL-25D140N	Costo labores horizontales	347.73	140.63	48,901	48,901
	sub Total CAPEX			48,901	48,901
RAMPA 130-08S	Costo labores	347.73	206.95	71,963	71,963
CONECTA AL NV-25	Ventilador de 80KCFM (125HP)	—	—	45,000	45,000
	sub Total CAPEX			116,963	116,963
RAMPA 135-131S	Costo labores	347.73	129.54	45,045	45,045
CONECTA AL NV-25	sub Total CAPEX			45,045	45,045
TOTAL CAPEX				464,091.15	

Fuente: Elaboración propia

4.6.1.2. Costo de operación (OPEX)

El presente análisis toma en cuenta el costo de adquisición de 2 tipos de mangas: Manga de 32"-300 gr/m2 con precio unitario de 7.79 \$/ml y la Manga de 32"-500 gr/m2 con precio unitario de 19.93 \$/ml; costo de energía por consumo de ventiladores, mano de obra, mantenimiento y repuestos, toda la adquisición es exclusivamente para el nivel -25, tal como se muestra en la siguiente tabla N° 52.

Tabla N° 52: costo OPEX

DETALLES	XCR-25DO68E			XCR-25DE071W			GAL-25D158S			XCR-25D075W			XCR-25077E			GAL-25D140N			RAMPA 130-08S CONECTA AL NV-25			RAMPA 135-131S CONECTA AL NV-25		
	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$
Manga de 32"-300 gr/m2	–	m	–	70	m	545	–	m	–	–	m	–	–	m	–	–	m	–	–	m	–	–	m	–
Manga de 32"-500 gr/m2	–	m	–	–	m	–	–	m	–	–	m	–	–	m	–	–	m	–	121	m	2412	–	–	–
Costo Manga por etapa	US\$	–	–	US\$	545	–	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	2412	–	US\$	–	–
Costo de energia por consumo de Ventiladores	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	–	–	US\$	39917	–	US\$	–	–
Mano de obra (3%)																			US\$	1197				
Mantenimiento (10%)																			US\$	3992				
Costo parcial por etapa	US\$	0.00	–	US\$	545	–	US\$	0.00	–	US\$	0.00	–	US\$	0.00	–	US\$	0.00	–	US\$	47518	–	US\$	–	0.00
COSTO DE OPERACIÓN																				US\$ 48,062.13				

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Análisis de costo CAPEX y OPEX para escenario 2

Para el presente análisis se desarrolla el costo capital y el costo de operación solamente para escenario 2.

4.6.2.1. Costo de capital (CAPEX)

El presente análisis toma en cuenta el costo de labores que incluye en nivel -25, y la adquisición de ventilador que tentativamente soluciona el sistema de ventilación en el nivel -25.

Tabla N° 53: Costo capex

LABORES	Descripción	Precio unitario \$/ml	Metraje	ETAPA I	TOTAL US\$
		Labor de 4mX4m			
XCR-25D068E	Costo labores horizontales	347.73	54.09	18,809	18,809
	sub Total CAPEX			18,809	18,809
XCR-25DE071W	Costo labores horizontales	347.73	148.8	51,742	51,742
	sub Total CAPEX			51,742	51,742
GAL-25D158S	Costo labores horizontales	347.73	129.98	45,198	45,198
	sub Total CAPEX			45,198	45,198
XCR-25D075W	Costo labores horizontales	347.73	165.52	57,556	57,556
	sub Total CAPEX			57,556	57,556
	Costo labores horizontales	347.73	229.71	79,877	79,877
XCR-25077E	Ventilador de 80KCFM (125HP)	—	—	45,000	45,000
	sub Total CAPEX			124,877	124,877
GAL-25D140N	Costo labores horizontales	347.73	140.63	48,901	48,901
	sub Total CAPEX			48,901	48,901
RAMPA 130-08S	Costo labores	347.73	206.95	71,963	71,963
CONECTA AL NV-25	sub Total CAPEX			71,963	71,963
RAMPA 135-131S	Costo labores	347.73	129.54	45,045	45,045
CONECTA AL NV-25	sub Total CAPEX			45,045	45,045
	TOTAL CAPEX			464,091.15	

Fuente: Elaboración propia

4.6.2.2. Costo de operación (OPEX)

El presente análisis toma en cuenta el costo de adquisición de 2 tipos de mangas: Manga de 32"-300 gr/m2 con precio unitario de 7.79 \$/ml y la Manga

de 32"-500 gr/m2 con precio unitario de 19.93 \$/ml; costo de energía por consumo de ventiladores, mano de obra, mantenimiento y repuestos, toda la adquisición es exclusivamente para el nivel -25, tal como se muestra en la siguiente tabla N° 54.

Tabla N° 54: costo opex

DETALLES	XCR-25DO68E			XCR-25DE071W			GAL-25D158S			XCR-25D075W			XCR-25077E			GAL-25D140N			RAMPA 130-08S CONECTA AL NV-25			RAMPA 135-131S CONECTA AL NV-25		
	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$
Manga de 32"-300 gr/m2	59	m	459	—	m	—	—	m	—	—	m	—	320	m	2490	—	m	—	—	m	—	—	m	—
Manga de 32"-500 gr/m2	—	m	—	—	m	—	—	m	—	—	m	—	—	m	—	140	m	2790	—	m	—	—	m	—
Costo Manga por etapa	US\$	459		US\$	—		US\$			US\$			US\$	2490		US\$	2790		US\$	—		US\$		—
Costo de energia por consumo de Ventiladores	US\$	—		US\$	—		US\$	—		US\$	—		US\$	45432		US\$	—		US\$	—		US\$		—
Mano de obra (3%)													US\$	1363										
Mantenimiento (10%)													US\$	4543										
Costo parcial por etapa	US\$	459		US\$	0.00		US\$	0.00		US\$	0.00		US\$	53828		US\$	2790		US\$	0.00		US\$		0.00
COSTO DE OPERACIÓN																					US\$ 57.076.82			

Fuente: Elaboración propia

4.6.3. Análisis de costo CAPEX y OPEX para escenario 3

Para el presente análisis se desarrolla el costo capital y el costo de operación solamente para escenario 3.

4.6.3.1. Costo de capital (CAPEX)

El presente análisis toma en cuenta el costo de labores que incluye en nivel -25, y la adquisición de ventilador que tentativamente soluciona el sistema de ventilación en el nivel -25.

Tabla N° 55: Costo CAPEX

LABORES	Descripción	Precio unitario \$/ml Labor de 4mX4m	Metraje	ETAPA I	TOTAL US\$
XCR-25DO68E	Costo labores horizontales	347.73	54.09	18,809	18,809
	sub Total CAPEX			18,809	18,809
XCR-25DE071W	Costo labores horizontales	347.73	148.8	51,742	51,742
	sub Total CAPEX			51,742	51,742
GAL-25D158S	Costo labores horizontales	347.73	129.98	45,198	45,198
	Ventilador de 45KCFM (100HP)	—	—	30,000	30,000
	sub Total CAPEX			75,198	75,198
XCR-25D075W	Costo labores horizontales	347.73	165.52	57,556	57,556
	sub Total CAPEX			57,556	57,556
XCR-25077E	Costo labores horizontales	347.73	229.71	79,877	79,877
	sub Total CAPEX			79,877	79,877
GAL-25D140N	Costo labores horizontales	347.73	140.63	48,901	48,901
	sub Total CAPEX			48,901	48,901
RAMPA 130-08S	Costo labores	347.73	206.95	71,963	71,963
CONECTA AL NV-25	sub Total CAPEX			71,963	71,963
RAMPA 135-131S	Costo labores	347.73	129.54	45,045	45,045
CONECTA AL NV-25	Ventilador de 45KCFM (100HP)	—	—	30,000	30,000
	sub Total CAPEX			75,045	75,045
TOTAL CAPEX				479,091.15	

Fuente: Elaboración propia

4.6.3.2. Costo de operación (OPEX)

El, presente análisis toma en cuenta el costo de adquisición de 2 tipos de mangas: Manga de 32"-300 gr/m2 con precio unitario de 7.79 \$/ml y la Manga de 32"-500 gr/m2 con precio unitario de 19.93 \$/ml; costo de energía por consumo de ventiladores, mano de obra, mantenimiento y repuestos toda la adquisición es exclusivamente para el nivel -25, tal como se muestra en la siguiente tabla N° 56.

Tabla N° 56: costo OPEX

DETALLES	XCR-25DO67E			XCR-25DE071W			GAL-25D158S			XCR-25D075W			XCR-25077E			GAL-25D140N			RAMPA 130-08S CONECTA AL NV-25			RAMPA 135-131S CONECTA AL NV-25		
	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$	Cant	Ud.	US\$			
Manga de 32"-300 gr/m2	—	m	—	46	m	358	—	m	—	60	m	467	90	m	700	184	m	1432	—	m	—	—	m	—
Manga de 32"-500 gr/m2	59	m	1176	—	m	—	89	m	1774	—	m	—	—	m	—	—	m	—	—	m	—	100	m	1993
Costo Manga por etapa	US\$		1176	US\$		358	US\$		1774	US\$		467	US\$		700	US\$		1432	US\$		—	US\$		1993
Costo de energia por consumo de Ventiladores	US\$		—	US\$		—	US\$		35834	US\$		—	US\$		—	US\$		—	US\$		—	US\$		35105
Mano de obra (3%)							US\$		1075													US\$		1053
Mantenimiento (10%)							US\$		3583													US\$		3510
Costo parcial por etapa	US\$		1176	US\$		358	US\$		42266	US\$		467	US\$		700	US\$		1432	US\$		0.00	US\$		41661
COSTO DE OPERACIÓN																					US\$		88,059.04	

Fuente: Elaboración propia

4.7. Resumen de inversión para los 3 escenarios propuestos

Para el presente análisis se resume el total de costo para diseño de sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el nivel -25 de la compañía Minera Colquisiri S.A.

Tabla N° 57: Resumen de inversión

Item	Descripción	DISEÑO DE SISTEMA DE VENTILACION PARA NV -25			
		Und	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
1	Costo capital -CAPEX	US\$	464,091.15	464,091.15	479,091.15
2	Costo capital-OPEX	US\$	48,062.13	57,076.82	88,059.04
3	Costo total de ventilación (CAPEX + OPEX)	US\$	512,153.28	521,167.97	567,150.19

Fuente: Elaboración propia

4.8. Comparación de los 3 escenarios de ventilación – Nivel -25

De manera análoga, al analizar únicamente la cobertura del nivel -25 y considerando los requerimientos específicos de dicho nivel, se puede observar que, hasta este momento, el escenario 1 es el más favorable, ya que presenta una cobertura global en el nivel -25 del 169 %.

La cobertura de aire es uno de los factores fundamentales para analizar el escenario más adecuado. Sin embargo, no debemos olvidar que existen otros aspectos igualmente importantes, como la velocidad mínima de aire que deben tener ciertas labores en relación al tipo de explosivo utilizado. En este caso, el explosivo empleado es ANFO, que requiere una velocidad mínima de 25 m/min.

Al revisar el análisis anterior, se observa que el escenario 01 presenta una desventaja significativa: su distribución genera cuatro labores con velocidades de aire bajas en zonas importantes del nivel -25. Por otro lado, al evaluar las velocidades de aire, el escenario 2 se destaca como el más favorable, ya que solo presenta una labor con velocidades bajas. Esto permite, siguiendo los estándares de seguridad minera, elaborar un plan de acción para gestionar el tránsito de personal en esa zona. De manera análoga, el escenario 3 también resulta similar al escenario 2, ya que solo presenta dos labores con velocidades de aire bajas.

Otro punto importante a considerar en el análisis es la operatividad de los ventiladores. Según las imágenes anteriores, en el escenario 02 se observa que el ventilador está operando cerca de su punto de stall, en comparación con los escenarios 01 y 03, donde los parámetros de operación se mantienen dentro de los rangos permisibles, permitiendo un funcionamiento óptimo y sin inconvenientes.

Y finalmente, el costo de inversión no varía significativamente en comparación porcentual entre los 3 escenarios propuestos.

Tabla N° 58: Tabla final comparativo – Nivel -25

	REQUERIMIENTO ACTUAL DE AIRE	INGRESO DE AIRE	SALIDA DE AIRE	COBERTURA	% DE COBERTURA DE AIRE CON VELOCIDAD MINIMA ESTIPULADA POR LA NORMATIVA	EFICIENCIA DE VENTILADOR ASIGNADO	CRITERIO SEGÚN LA GRAFICA DE SU CURVA DE DESEMPEÑO DEL VENTILADOR	COSTO DE INVERSION
	CFM	CFM	CFM					US\$
ESCENARIO 01	89,343.63	149,879.00	150,834.00	168%	Menor a 50%	82.70%	Funcionamiento optimo y seguro	512,153.28
ESCENARIO 02	89,344.63	135,081.00	135,274.00	151%	Igual a 85%	83.40%	Riesgo de sufrir daños considerables del equipo	521,167.97
ESCENARIO 03	89,345.63	104,384.00	104,030.00	117%	Igual a 81%	59.40%	Funcionamiento optimo y seguro	567,150.19
						62.70%	Funcionamiento optimo y seguro	

Fuente: Elaboración propia

4.9. Evaluación económica de retorno de Inversión

En el presente análisis económico se determinarán los costos de Capital (CAPEX), y los costos de producción. A partir ello se calculará el retorno de la inversión (PAYBACK) proyectado para el ESCENARIO N° 3.

4.9.1. Plan de producción de la Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 59: Plan de producción proyectada

Producción Mina	Und	Periodo (Años)							
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Diario	TMS	1,540	1,617	1,602	1,571	1,555	1,531	1,569	1,579
Mensual	TMS	46,200	48,510	48,048	47,124	46,662	45,924	47,079	47,370
Anual	TMS	554,400	582,120	576,576	565,488	559,944	551,088	564,948	568,440

Fuente: Planeamiento largo plazo _Minera Colquisiri S.A.

4.9.2. Ingreso proyectado por año

El mineral polimetálico de la unidad de operación María Teresa contiene los siguientes minerales con precio a la fecha 20/11/2023

Tabla N° 60: Datos Metalúrgicos

Mineral	Ley %	Rec. Metalurg. %	US\$/TMS
Zinc (Zn)	2.5	86	2522.5
Cobre (Cu)	1.1	89	9765.5
Plomo (Pb)	2.1	88	2095

Fuente: Minera Colquisiri S.A.

Tabla N° 61: Ingreso proyectado por venta de Zinc

Items	Año	Producción TMS	Recuperación %	ley de Zn %	Ingresos
1	2023	554,400	86	2.5	30,067,191
2	2024	582,120	86	2.5	31,570,551
3	2025	576,576	86	2.5	31,269,879
4	2026	565,488	86	2.5	30,668,535
5	2027	559,944	86	2.5	30,367,863
6	2028	551,088	86	2.5	29,887,569
7	2029	564,948	86	2.5	30,639,249
8	2030	568,440	86	2.5	30,828,633

Fuente: Planeamiento largo plazo – Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 62: Ingreso proyectado por venta de Cobre

Items	Año	Produccion TMS	Recuperación %	ley de Cu %	Ingresos
1	2023	554,400	89	1.1	53,002,993
2	2024	582,120	89	1.1	55,653,143
3	2025	576,576	89	1.1	55,123,113
4	2026	565,488	89	1.1	54,063,053
5	2027	559,944	89	1.1	53,533,023
6	2028	551,088	89	1.1	52,686,352
7	2029	564,948	89	1.1	54,011,427
8	2030	568,440	89	1.1	54,345,277

Fuente: Planeamiento largo plazo – Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 63: Ingreso proyectado por venta de Plomo

Items	Año	Producción TMS	Recuperación %	ley de Pb %	Ingresos
1	2023	554,400	88	2.1	21,463,929
2	2024	582,120	88	2.1	22,537,125
3	2025	576,576	88	2.1	22,322,486
4	2026	565,488	88	2.1	21,893,207
5	2027	559,944	88	2.1	21,678,568
6	2028	551,088	88	2.1	21,335,703
7	2029	564,948	88	2.1	21,872,301
8	2030	568,440	88	2.1	22,007,496

Fuente: Planeamiento largo plazo – Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 64: Ingreso proyectado total por año

Items	Año	Produccion TMS	Ingresos
1	2023	554,400	104,534,113
2	2024	582,120	109,760,819
3	2025	576,576	108,715,478
4	2026	565,488	106,624,795
5	2027	559,944	105,579,454
6	2028	551,088	103,909,624
7	2029	564,948	106,522,976
8	2030	568,440	107,181,406

Fuente: Planeamiento largo plazo – Mina Colquisiri S.A.

4.9.3. Costo de capital (CAPEX)

Se calcula el costo de labores horizontales y verticales en promedio 4X4, sabiendo que la operación de la Mina es mecanizada.

Tabla N° 65: Costo de labores proyectados en promedio

Items	Año	Avance/año	PU US\$/m	Total US\$
1	2023	12,100	347.73	4,207,533
2	2024	12,100	347.73	4,207,533
3	2025	12,100	347.73	4,207,533
4	2026	12,100	347.73	4,207,533
5	2027	12,100	347.73	4,207,533
6	2028	12,100	347.73	4,207,533
7	2029	12,100	347.73	4,207,533
8	2030	12,100	347.73	4,207,533
TOTAL				33,660,264

Fuente: Planeamiento largo plazo – Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 66: Costo de inversión de equipos

Items	Tipo	CANTIDAD	Und	PU US\$/Und	TOTAL US\$
1	CISTERNA	1	Und	40,000	40,000
2	VOLQUETE	2	Und	140,000	280,000
3	SCOOPTRAMS	2	Und	115,000	230,000
4	JUMBO FRONTONERO	2	Und	300,000	600,000
5	JUMBO TALADRO LARGO	2	Und	350,000	700,000
6	DESATADOR	1	Und	120,000	120,000
7	CAMION	1	Und	120,000	120,000
8	OMNIBUS	1	Und	80,000	80,000
9	JUMBO BOLTER	1	Und	200,000	200,000
10	CAMIONETA	2	Und	30,000	60,000
11	VENTILADOR	2	Und	30,000	60,000
TOTAL					2,490,000

Fuente: Planeamiento largo plazo – Mina Colquisiri S.A.

Tabla N° 67: Costo total CAPEX

Items	Consideraciones	Descripción	Sub Total US\$	Total US\$	Distr. %
1	desarrollo y preparación	Avance vertical y horizontal en promedio	33,660,264	33,660,264	89%
2	Equipos	CISTERNA	40,000	2,490,000	6%
3		VOLQUETE	280,000		
4		SCOOPTRAMS	230,000		
5		JUMBO FRONTONERO	600,000		
6		JUMBO TALADRO LARGO	700,000		
7		DESATADOR	120,000		
8		CAMION	120,000		
9		OMNIBUS	80,000		
10		JUMBO BOLTER	200,000		
11		CAMIONETA	60,000		
12		VENTILADOR	60,000		
SUB TOTAL (US\$)				36,150,264	95%
Contingencia 5%				1,902,645	5%
TOTAL (US\$)				38,052,909	100%

Fuente: Elaboración propia

4.9.4. Costo de capital (OPEX)

Tabla N° 68: Costo total OPEX

Items	Tipo	Cantidad	Costo de combustible	Costo de mantenimiento	Costo de lubricantes	Costo de neumáticos	Costo de mano de obra	Costo de operación/año	Vida de mina	costo total/equipo
1	CISTERNA	1	5,000	2,000	1,000	2,000	30,000	40,000	8	320,000
2	VOLQUETE	2	20,000	10,000	4,000	10,000	80,000	124,000	8	992,000
3	SCOOPTRAMS	2	16,000	8,000	3,000	6,000	70,000	103,000	8	824,000
4	JUMBO FRONTONERO	2	30,000	20,000	6,000	0	120,000	176,000	8	1,408,000
5	JUMBO TALADRO LARGO	2	36,000	24,000	8,000	0	120,000	188,000	8	1,504,000
6	DESATADOR	1	8,000	5,000	2,000	0	40,000	55,000	8	440,000
7	CAMION	1	10,000	6,000	2,500	4,000	40,000	62,500	8	500,000
8	OMNIBUS	1	6,000	4,000	1,500	3,000	30,000	44,500	8	356,000
9	JUMBO BOLTER	1	12,000	8,000	3,000	0	50,000	73,000	8	584,000
10	CAMIONETA	2	8,000	4,000	2,000	3,000	40,000	57,000	8	456,000
TOTAL										7,384,000
Costo OPEX de ESCENARIO N° 3 (Sistema de ventilación)										88,059
COSTO TOTAL OPEX										7,472,059

Fuente: Elaboración propia

Del anterior se deduce que el costo total (CAPEX + OPEX): 38,052,909 + 7,472,059 = **45,524,968.00**

4.9.5. Costos de producción

Para ello el Proyecto tiene una reserva de 4,523,004 TMS y con porcentaje de incidencia de costos por área que maneja la Empresa Minera Colquisiri S.A; tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 69: Costos de producción

Items	Área o Departamento	Sub total US/TMS	Subtotal X Área (US\$)	Distrib. %
1	Geología y Planeamiento	10	45,230,040	8.5%
2	Explotación mina	56	253,288,224	47.8%
3	Planta	32	144,736,128	27.3%
4	Servicios generales	12	54,276,048	10.2%
5	Administrativos mina	7	31,661,028	6.0%
6	Ventilación -escenario 3	0.2	904,601	0.2%
TOTAL (US\$)		117	530,096,069	100%

Fuente: Planeamiento largo plazo – Mina Colquisiri S.A.

4.9.6. Flujo de caja del proyecto de Inversión

Tabla N° 70: Flujo de caja anualizado

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Inversiones								
(Capex+Opex) US\$	-45,524,968							
Ventas de mineral US\$	104,534,113	109,760,819	108,715,478	106,624,795	105,579,454	103,909,624	106,522,976	107,181,406
Costo de producción US\$	64,864,800	68,108,040	67,459,392	66,162,096	65,513,448	64,477,296	66,098,916	66,507,480
Utilidad bruta US\$	39,669,313	41,652,779	41,256,086	40,462,699	40,066,006	39,432,328	40,424,060	40,673,926
Gastos administrativos y ventas (1.5%) US\$	595,040	624,792	618,841	606,940	600,990	591,485	606,361	610,109
Utilidad operativa US\$	39,074,273	41,027,987	40,637,244	39,855,759	39,465,016	38,840,843	39,817,699	40,063,817
Regalías mineras (2%)	781,485	820,560	812,745	797,115	789,300	776,817	796,354	801,276
Otros impuestos (13%)	5,079,656	5,333,638	5,282,842	5,181,249	5,130,452	5,049,310	5,176,301	5,208,296
Impuesto a la renta (30%)	11,722,282	12,308,396	12,191,173	11,956,728	11,839,505	11,652,253	11,945,310	12,019,145
Total impuestos US\$	17,583,423	18,462,594	18,286,760	17,935,091	17,759,257	17,478,379	17,917,965	18,028,717
Utilidad Neta	-45,524,968	21,490,850	22,565,393	22,350,484	21,920,667	21,705,759	21,362,463	22,035,099

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 71: Balance de ingresos y egresos por año

Año		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
INGRESOS									
Ventas									
Total ingresos US\$		104,534,113	109,760,819	108,715,478	106,624,795	105,579,454	103,909,624	106,522,976	107,181,406
EGRESOS									
Inversiones (Capex+Opex) US\$	45,524,968								
Costo de producción US\$		64,864,800	68,108,040	67,459,392	66,162,096	65,513,448	64,477,296	66,098,916	66,507,480
Gastos administ. y ventas		595,040	624,792	618,841	606,940	600,990	591,485	606,361	610,109
Impuestos US\$		17,583,423	18,462,594	18,286,760	17,935,091	17,759,257	17,478,379	17,917,965	18,028,717
Total egresos US\$	45,524,968	83,043,263	87,195,426	86,364,993	84,704,128	83,873,695	82,547,160	84,623,242	85,146,306
Utilidad neta US\$	-45,524,968	21,490,850	22,565,393	22,350,484	21,920,667	21,705,759	21,362,463	21,899,735	22,035,099

Fuente: Elaboración propia

A continuación, tenemos los indicadores financieros

Tabla N° 72: Indicadores financieros

Tasa de interés	VAN US\$	TIR %	VPB US\$	BPC US\$	Rb/c
12%	63,437,152	46%	530,005,020	466,567,869	1.14

Fuente: Elaboración propia

4.9.7. Periodo de recuperación de la inversión (PAYBACK)

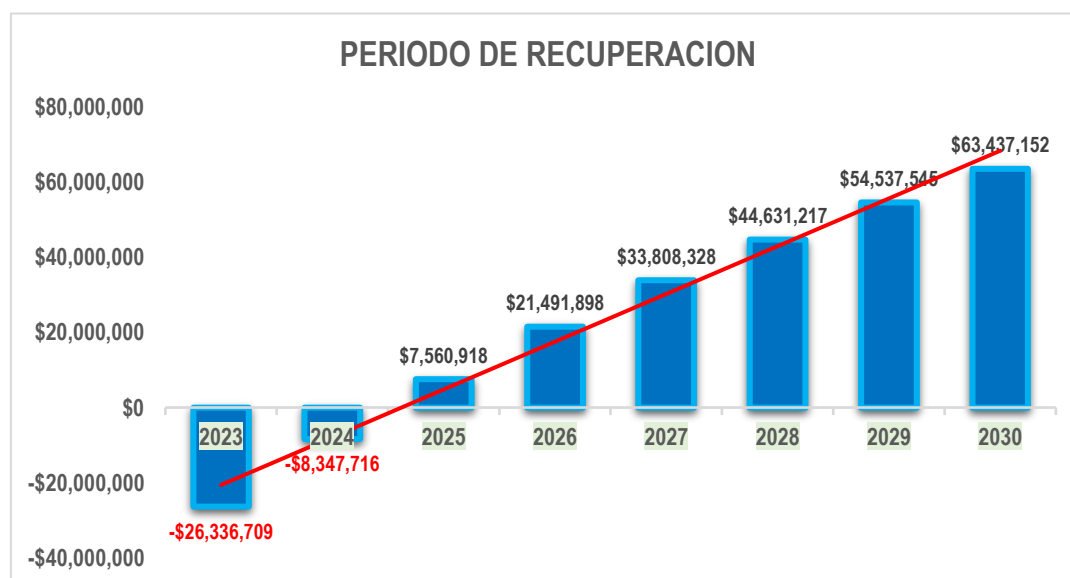
En la siguiente tabla se muestra el tiempo de recuperación de la inversión

Tabla N° 73: Periodo de recuperación

Año	N° de Años	Utilidad	Valor presente al 12%	Sumatoria US\$	Saldo US\$	Periodo recuper.	Año	meses
	0				-45,524,968			
2023	1	21,490,850	19,188,259	19,188,259	-26,336,709			
2024	2	22,565,393	17,988,993	37,177,252	-8,347,716			
2025	3	22,350,484	15,908,633	53,085,886	7,560,918	2.5	2	6
2026	4	21,920,667	13,930,980	67,016,866	21,491,898			
2027	5	21,705,759	12,316,430	79,333,296	33,808,328			
2028	6	21,362,463	10,822,889	90,156,185	44,631,217			
2029	7	21,899,735	9,906,328	100,062,513	54,537,545			
2030	8	22,035,099	8,899,607	108,962,120	63,437,152			

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 12: Periodo de recuperación



Fuente: Elaboración propia

Se concluye que la recuperación de inversión será en 2do año y 6to mes

CONCLUSIONES

1. El sistema de ventilación de la Mina 1, U.E.A. María Teresa, de la Compañía Minera Colquisiri S.A. cuenta con tres zonas (Zona Sofia "D" se cuenta con un ingreso de 370,992.00 CFM una cobertura Zonal de 138.10%, la Zona Sofia "C" cuenta con un ingreso de 34,728 CFM una cobertura Zonal de 167.37% por último la Zona Charito cuenta con un ingreso de 32,926.00 CFM una cobertura Zonal de 107.54%.
2. El diseño de sistema de ventilación mediante los 3 escenarios propuestos, se infiere, que el escenario 1 debería excluirse, ya que no cumple con las velocidades mínimas requeridas para el nivel -25. Asimismo, el escenario 2 también debería descartarse debido a que el ventilador instalado podría sufrir problemas de vibración al operar cerca de su zona de stall. Por lo tanto, el único escenario viable como plan de mejora es el escenario 03, ya que mantiene valores aceptables en cuanto al porcentaje de recubrimiento de velocidad de aire mínimo en el nivel -25 es de 82%, cobertura de aire de 117% y con un rendimiento de operación de los ventiladores de 54.90% y 62.70%.
3. El costo de implementación para la ampliación de la Mina 1 en el Nivel -25 es de US\$ 567,150.19, debido a que el escenario N° 3 es el único escenario viable como mejora del sistema de ventilación en el Nivel -25.
4. La cantidad y la distribución de aire que mejora las condiciones termo ambientales es de 104,384.00 cfm de entrada y con una cobertura de 117%, lo que propone el escenario N° 3, a la vez es el único escenario

viable como plan de mejora, ya que mantiene valores aceptables en cuanto a velocidad de aire, y rango de operación de los ventiladores asignados, debido a que el aire necesario para el nivel -25 es de 89,343.63 cfm.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al Residente del proyecto en ejecución, realizar periódicamente los monitoreos de los parámetros ambientales (temperaturas de bulbo seco, húmedo y la humedad relativa) así como las velocidades del aire de todas las zonas operativas. Para luego ingresarlas al modelo 3D en el software Ventsin con el propósito de mantenerlo calibrado y actualizado constantemente.
2. Se recomienda al Superintendente del área de ventilación, plantear nuevos escenarios de sistema de ventilación a medida que se avance con la adición de nuevas zonas de explotación. Esto permitirá siempre aplicar el mejor escenario de sistema de ventilación en cualquier circunstancia que opera la Mina.
3. Se recomienda al Superintendente del área de ventilación, hacer un análisis económico de todos los escenarios de sistema de ventilación propuestos por el área de ventilación en coordinación con el área de planeamiento, para optar el escenario de sistema de ventilación más óptima.
4. Se recomienda al Superintendente del área de ventilación, realizar proyecciones a largo, mediano y corto plazo debido a que a medida que se va avanzando con la explotación del mineral las condiciones ambientales en interior Mina, varían drásticamente y no tener controlado causaría impactos negativos en la producción.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Instituto de Ingeniero de Minas del Peru. (2000). *Manual de la Ventilacion de Minas*. Lima.
2. Ministerio de Energia de y minas."Reglamento de seguridad y salud ocupacional en mineria". (2016). C.D.S N° 024-2016-EM .Lima: El peruano.
3. Cidelsa. (2015). *Mangas de Ventilacion*. 2-3.
4. Duran Janampa Jimmi Roberth. (2018). *Mejoramiento de la Ventilacion en la Mina Subterranea-Mina Colquijirca Cia de Minas Buenaventura S.A.A*. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion; Escuela Profesional de Ingenieria de Minas.
5. Grundfs. (2011). *Ventilador Radial*. Mexico: Nuevo Leon.
6. Hernandez Sampieri, R. (Abril, 2006). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: Cuarta Edición McGraw Hill.
7. Hernandez, Fernandez y Baptista. (2003). *Tipos de investigacion*.
8. Jimenez Ascanio, P. (2011). *Ventilacion de Minas y Tuneles*. Lima: Instituto de Ingenieros del Peru.
9. Lillo, J. (2018). *Impactos de la Minería en el Medio Natural*. España: Grupo de Estudios en Minería y Medio Ambiente, Grupo Geología .
10. Lopez Jimeno, C. (1998). *Manual de Tuneles y Obras Subterraneas*. Madrid : Grafico.
11. Lotito Toro, N. S. (2022). *Evaluacion del sistema de ventilacion On-Demanp y la Incorporacion de la Energia Solar en el Proceso de Ventilacion* . Chile: Universidad de Chile.
12. Ricse Ramos, R. W. (2018). *Diseño del Circuito de Ventilacion para Evacuar Gases, Humo y Polvo en Suspension en las Labores de la Galeria Principal en la Mina Artesanal Aurex Acopalca, Pasco 2018*. Huancayo:

Universidad Continental, Escuela Academica Profesional de Ingenieria de Minas.

13. 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.
14. SMITH PICHA, C. E. (2015). *Propuesta de Diseño para la Construcción de PAD de Lixiviación N° 3 de la Unidad Tucari-Aruntani*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
15. Soler , P. (2019). *Conceptos Basicos De Ventilacion*. Lima.
16. Valerazo Blacio, M. P. (2020). *Diseño del Sistema de Ventilacion en la Consecion Minera Cebral y Diseño del Sistema de Desague en la Consecion Minera R, Nivel Zaruma el Oro*. Cuenca; Ecuador: Universidad del Azua.
17. Vargas Alegria, E. (2015). *Ventilacion de minas*. Chile.
18. Vargas Vargas, V. (2016). *Ministerio de Energia de Minas; Actividad Minera en el Peru*. Lima, Peru.
19. Yepes Piqueras, V. (2012). *Ventilación en minas y túneles en fase de construcción*. España.

ANEXO N° 1

Matriz de Consistencia

“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION PARA LA AMPLIACION DE LA MINA 1 EN EL NIVEL -25, U.E.A MARIA TERESA DE LA COMPAÑÍA MINERA COLQUISIRI S.A. HUARAL-LIMA”						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Unidades
¿Cuál es la cobertura de aire que mejora las condiciones termo ambientales en la ampliación de la Mina 1, en el Nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?	Determinar la cobertura de aire que mejora las condiciones termo ambientales en la ampliación de la Mina 1, en el Nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.	El Mejoramiento del sistema de ventilación garantiza una condición termo ambiental adecuado en la ampliación de la Mina 1, en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.	CONDICION TERMO AMBIENTAL ADECUADO PARA NIVEL -25	Tipos y Concentración de Gases	O2; N2	%
					CO; CO2	ppm
					NOx	ppm
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	Variable Independiente	Dimensión	Indicadores	Unidades
¿Cuáles son las características del sistema de ventilación actual en la Mina 1 para la ampliación del nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?	Identificar las características del sistema de ventilación actual en la Mina 1 para la ampliación del nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.	La identificación de las características de sistema de ventilación actual son datos necesarios para el análisis y la mejora de sistema de ventilación en la Mina 1, nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION	Distribución del flujo de aire	Caudal	m3/seg
					Presión	Pas
					Velocidad	m/seg
¿Cuál es el diseño adecuado del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?	Determinar el diseño adecuado del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.	El diseño adecuado del sistema de ventilación mejora el caudal de aire necesario en la Mina 1, nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.			Costo	S/TM
¿Cuál será el costo de implementación del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.?	Determinar el costo de implementación del sistema de ventilación para la ampliación de la Mina 1 en el nivel -25, U.E.A. María Teresa de la Compañía Minera Colquisiri S.A.	La estimación de costo de implementación del sistema de ventilación para la ampliación de la mina 1 en el nivel -25, es económicamente rentable para la operación de la Compañía Minera Colquisiri S.A.				

ANEXO N° 2

Inventario de Ventiladores

Descripción			Ubicación			Caudal Nominal		Potencia Nominal		Presión Nominal		Caudal campo		Potencia Campo		Parámetros Mecánicos de Campo		Consumo de Energía					
ITEM	CÓDIGO	MARCA	NIVEL	ZONA	LABOR	cfm	m3/min	HP	kW	Pa	in w.g.	cfm	m3/min	HP	kW	TIPO	Estado actual	Costo Energía US\$/kW-H	Consumo de energía mensual (kW-h)	Costo US\$/Hr	Costo Diario US\$/día	Costo Mensual US\$/mes	Costo Anual US\$/año
1	V80-18	AIRTEC	SUPERFICIE	SOFIA D	RB 05	80000	2265	125	93,21	2.067	8,30	80.000	2.265	82,22	61,31	PRINCIPAL	Operativo	0,088	37.800	5,40	111	3.326	39.917
2	V80-19	AIRTEC	SUPERFICIE	SOFIA D	RB 05	80000	2265	125	93,21	2.067	8,30	80.000	2.265	95,92	71,53	PRINCIPAL	Operativo	0,088	34.936	6,29	102	3.074	36.892
3	V80-13	AIRTEC	SUPERFICIE	SOFIA D	RB 05	80000	2265	125	93,21	2.067	8,30	80.000	2.265	119,40	97,11	PRINCIPAL	Operativo	0,088	30.764	8,55	90	2.707	32.487
4	V80-20	AIRTEC	NV 130	SOFIA D	CH-501	80000	2265	125	93,21	2.067	8,30	80.000	2.265	122,00	96,91	SECUNDARIOS	Operativo	0,088	46.519	8,53	136	4.094	49.124
5	V80-08	AIRTEC	NV 130	SOFIA D	CH-501	80000	2265	125	93,21	2.067	8,30	80.000	2.265	112,30	92,68	SECUNDARIOS	Operativo	0,088	21.908	8,16	64	1.928	23.135
6	V80-06	AIRTEC	NV 80	SOFIA D	TJO 080U041U141	80000	2265	125	93,21	2.067	8,30	80.000	2.265	101,96	76,03	AUXILIAR	Operativo	0,088	45.618	6,69	134	4.014	48.173
7	V60-04	AIRTEC	NV59	SOFIA D	TJO 059U041U141/ GAL 059U137S	60000	1699	75	55,93	2.067	8,30	60.000	1.699	73,37	54,71	AUXILIAR	Operativo	0,088	32.826	4,81	96	2.889	34.664
8	V30-01	AIRTEC	NV 153	CHARITO	POLVORÍN CHARITO	30000	850	40	29,83	2.067	8,30	30.000	850	70,33	52,44	AUXILIAR	Operativo	0,088	31.465	4,61	92	2.769	33.228
10	V45-07	AIRTEC	NV 17	SOFIA D	PIE DEL RB 10	45000	1274	100	74,57	2.067	8,30	45.000	1.274	74,30	55,41	AUXILIAR	Operativo	0,088	33.243	4,88	98	2.925	35.105
13	V45-05	AIRTEC	NV -17	SOFIA C	TJO 004056U146/ TJO 017062U147	45000	1274	50	37,29	2.067	8,30	45.000	1.274	75,84	56,56	AUXILIAR	Operativo	0,088	33.934	4,98	100	2.986	35.834
14	V60-05	AIRTEC	NV 124	SOFIA C	RPA 116 126S	60000	1699	75	55,93	2.067	8,30	60.000	1.699	92,15	68,72	AUXILIAR	Operativo	0,088	41.232	6,05	121	3.628	43.541
15	V60-01	AIRTEC	NV 144	SOFIA D	TJO ANDREA Y TJO 98 130	60000	1699	75	55,93	2.067	8,30	60.000	1.699	80,0	74,83	AUXILIAR	Operativo	0,088	44.896	6,58	132	3.951	47.410
16	V45-04	AIRTEC	NV -12	SOFIA D	XCR 014DD064 E/XCR 014D071	45000	1274	50	37,29	2.067	8,30	45.000	1.274	91,89	68,52	AUXILIAR	Operativo	0,088	41.114	6,03	121	3.618	43.417
17	V45-01	AIRTEC	NV 38	SOFÍA D	TJO 038U046U143/ TJO 038U056U146	45000	1274	50	37,29	2.067	8,30	45.000	1.274	79,78	59,49	AUXILIAR	Operativo	0,088	35.694	5,24	105	3.141	37.693
19	V45-10	AIRTEC	NV -4	SOFÍA D	TJO 004D062/ TJO 004D065	45000	1274	125	93,21	2.067	8,30	45.000	1.274	101,15	75,43	AUXILIAR	Operativo	0,088	45.257	6,64	133	3.983	47.791
20	V45-11	AIRTEC	NV -4	SOFÍA D	RPA 004D138N	45000	1274	125	93,21	2.067	8,30	45.000	1.274	80,76	60,22	AUXILIAR	Operativo	0,088	36.133	5,30	106	3.180	38.157
														1373,38				593.340				626.567	

ANEXO N° 3

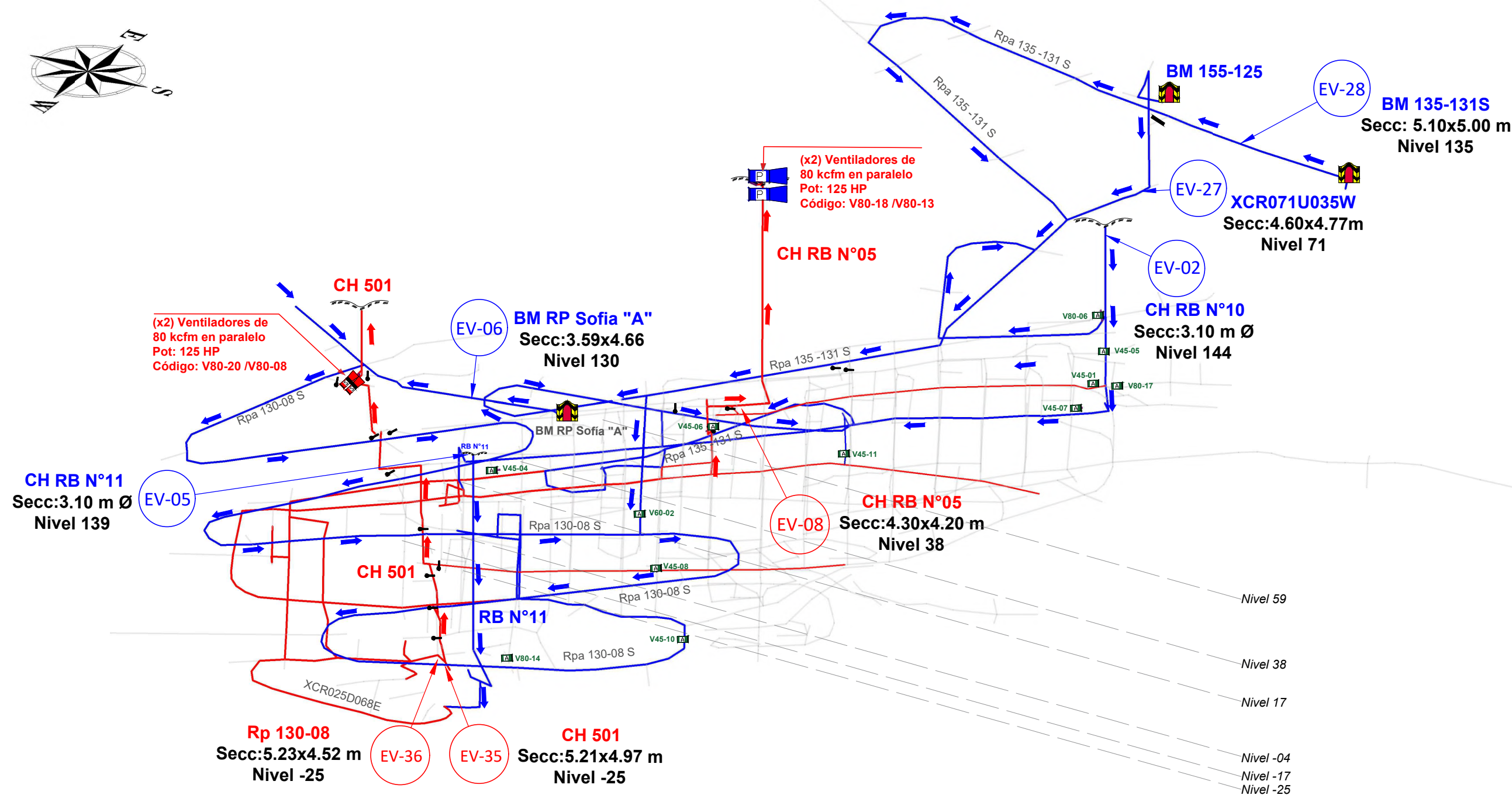
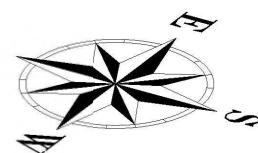
Panel Fotográfico

Medición de Extracción de Aire de la Rampa 135 U-131 S de la Zona Sofia "D"	
Medición en la salida de Aire en la CH-501 de la Zona Sofia "D"	
Medición de ingreso de Aire en GAL 025D1585 de la Zona Sofia "D"	

ANEXO N° 4

Plano Circuito de Sofia “D”

PLANO DEL CIRCUITO DE SOFIA "D"



LEYENDA

	Superficie		Tapón		Ventilador principal		Estación de ventilación de ingreso de aire
	Aire fresco		Puerta		Ventilador secundario		Estación de ventilación de salida de aire
	Aire viciado		Tapón de Concreto		Ventilador Auxiliar		
					Bocamina		

FECHA	15/02/2024
DIBUJADO POR:	Crispin Mantilla Tuero
REVISADO POR:	Jorge Romero Carpio
APROBADO POR:	Alfredo León Landeo

PREPARADO POR:



CLIENTE:



PROYECTO:
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION PARA
LA AMPLIACION DE LA MINA 1, EN EL NIVEL -25, U.E.A.
MARIA TERESA DE LA COMPAÑIA MINERA COLQUISIRI S.A.

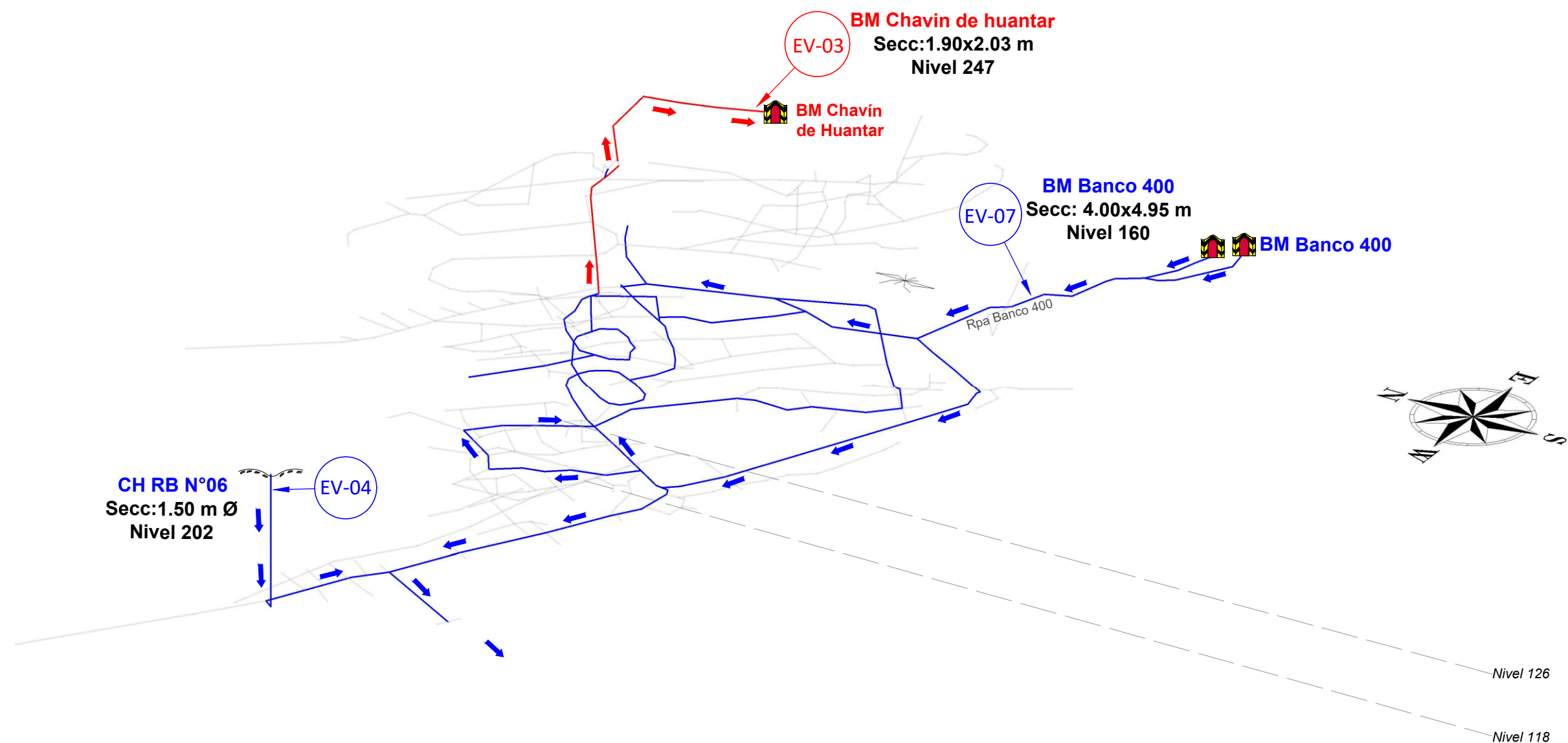
PLANO:
PLANO DEL CIRCUITO DE SOFIA "D"

SIST. COORD.: WGS-84	COD. PLANO: CAD2D-01/24	ESCALA: S/E	PLANO N°: 01
-------------------------	----------------------------	----------------	-----------------

ANEXO N° 5

Plano Circuito de Sofia “C”

PLANO DEL CIRCUITO DE SOFIA "C"



LEYENDA

	Superficie		Tapón		Ventilador principal		Estación de ventilación de ingreso de aire
	Aire fresco		Puerta		Ventilador secundario		Estación de ventilación de salida de aire
	Aire viciado		Tapón de Concreto		Ventilador Auxiliar		
					Bocamina		

FECHA	15/02/2024
DIBUJADO POR:	Crispin Mantilla Tuio
REVISADO POR:	Jorge Romero Carpio
APROBADO POR:	Alfredo León Landeo

PREPARADO POR:	
www.noova.sac.com	

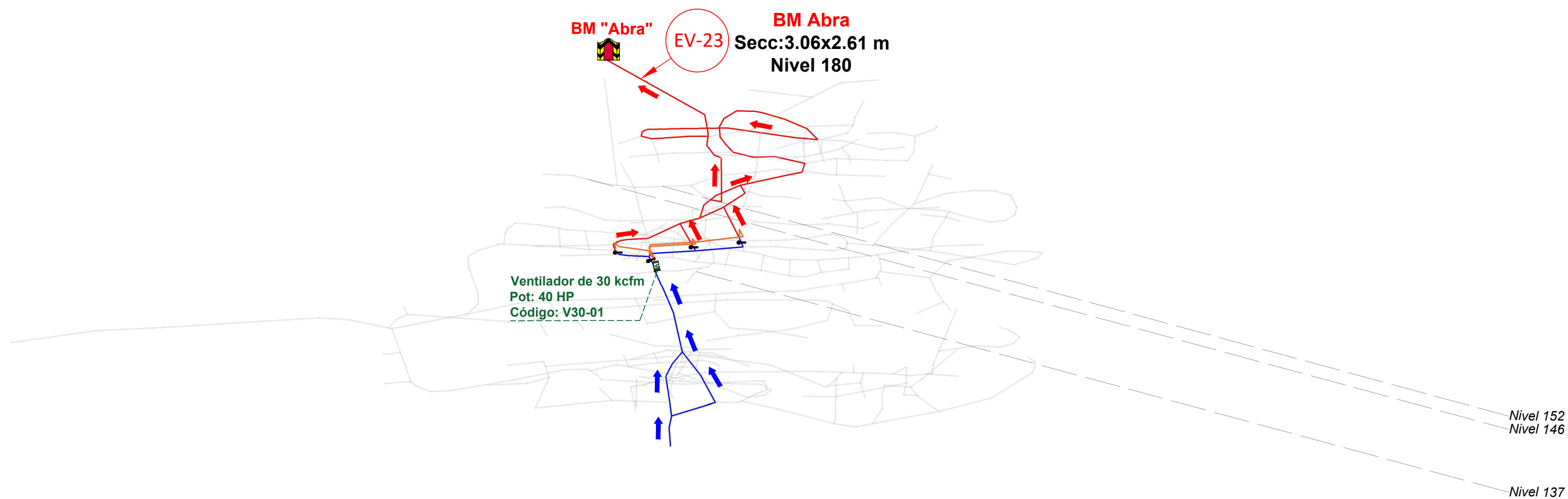
CLIENTE:	

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION PARA LA AMPLIACION DE LA MINA 1, EN EL NIVEL -25.U.E.A MARIA TERESA DE LA COMPAÑIA MINERA COLQUISIRI S.A.
PLANO:	PLANO DEL CIRCUITO DE SOFIA "C"
SIST.COORD.:	WGS-84
COD. PLANO:	CAD2D-01/24
ESCALA:	S/E
PLANO N°:	02

ANEXO N° 6

Plano Circuito Charito

PLANO DEL CIRCUITO DE CHARITO



LEYENDA

- Superficie
- Aire fresco
- Aire viciado
- Tapón
- Puerta
- Tapón de Concreto

- Ventilador principal
- Ventilador secundario
- Ventilador Auxiliar
- Bocamina

- Estación de ventilación de ingreso de aire
- Estación de ventilación de salida de aire

FECHA	15/02/2024
DIBUJADO POR:	Crispin Mantilla Tuiro
REVISADO POR:	Jorge Romero Carpio
APROBADO POR:	Alfredo León Landeo

PREPARADO POR:

NOOVA
CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN

www.noova.sac.com

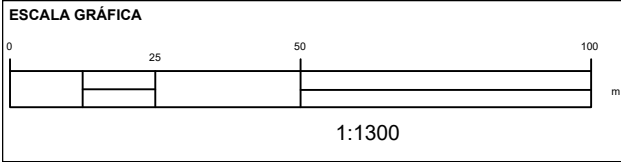
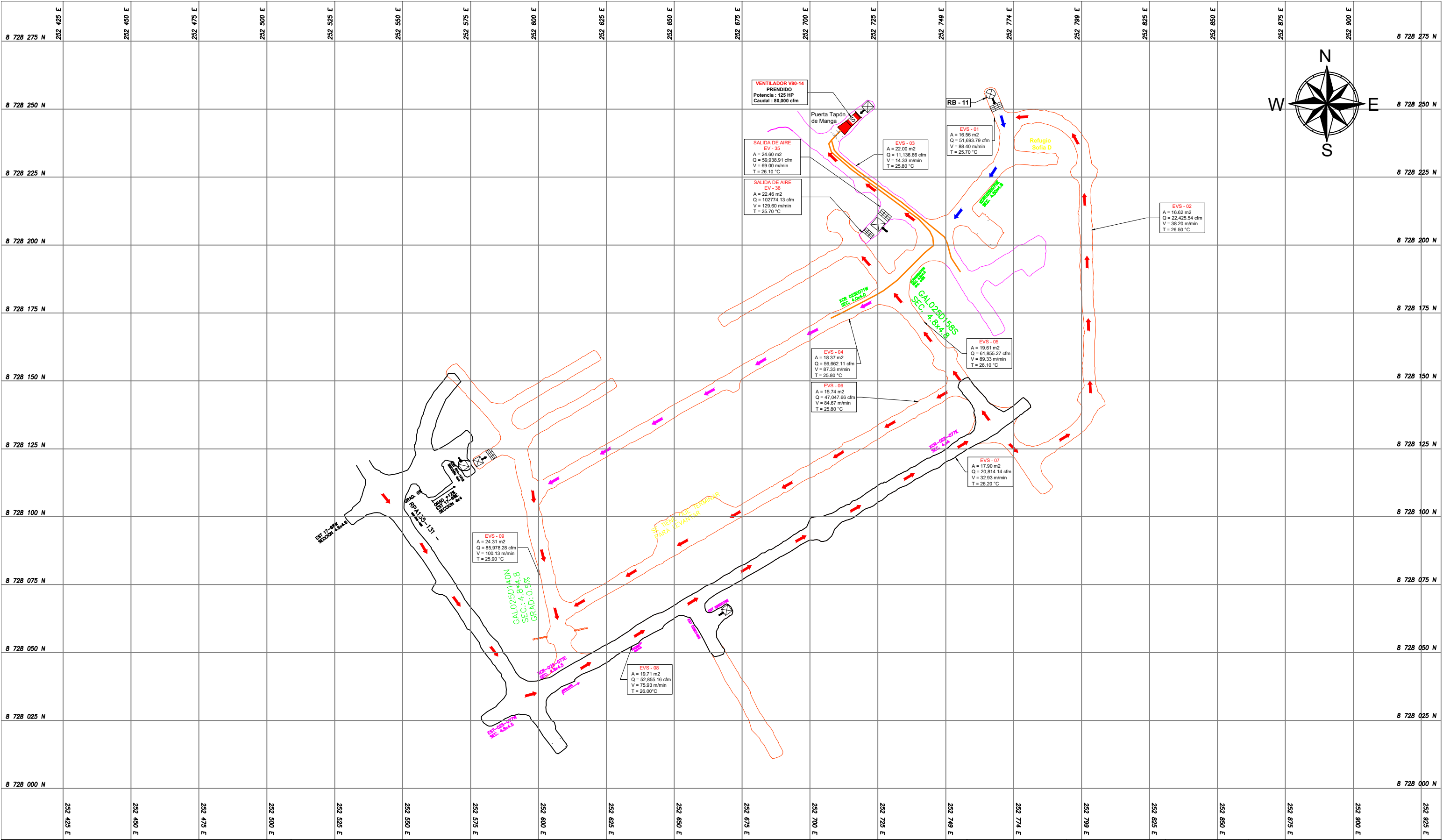
CLIENTE:

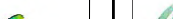
Minera Colquisiri

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION PARA LA AMPLIACION DE LA MINA 1, EN EL NIVEL -25, U.E.A MARIA TERESA DE LA COMPAÑIA MINERA COLQUISIRI S.A.			
PLANO: PLANO DEL CIRCUITO DE CHARITO			
SIST. COORD: WGS-84	COD. PLANO: CAD2D-01/24	ESCALA: S/E	PLANO N°: 03

ANEXO N° 7

Plano Circuito NIVEL -25



LEYENDA DE SIMBOLOGÍA										FECHA: Junio 2024										FIRMA:										PREPARADO POR:										CLIENTE:										PROYECTO:																																																																							
 Aire fresco  Aire viciado  Aire mezclado  Flujo estático  Bocamina  Mangas de ventilación  Bodega  Puerta										 Chimenea al techo, sin flujo  Chimenea al piso, sin flujo  Raise Borer al techo, sin flujo  Raise Borer al piso, sin flujo  Chimenea al techo, baja aire  Chimenea al techo, sube aire  Chimenea al piso, baja aire  Chimenea al piso, sube aire										 Raise Borer al techo, baja aire  Raise Borer al techo, sube aire  Raise Borer al piso, baja aire  Raise Borer al piso, sube aire  Ventilador principal  Ventilador secundario  Ventilador auxiliar  Relleno (%)										 Tapón Malta con manga (%)  Tapón de Malla  Tapon de concreto (%)  Tapón de Madera (%)  Cortina  Regulador  Sub. Est. eléctrica  Poza de Bombo										DIBUJADO POR: Crispin Mantilla Tuito										REVISADO POR: Luis Angel Romero Apaza										APROBADO POR: Alfredo D. León Landeo										 www.nooyasac.com																				MEJORAMIENTO DE SISTEMA DE VENTILACION PARA LA AMPLIACION DE LA MINA 1, EN EL NIVEL -25, DE U.E.A. MARIA TERESA DE LA COMPAÑIA MINERA COLQUISIRI S.A.																															
																																																		PLANO: NV -25																																																																							
																																																		EST. COORD.: WGS-84												COD. PROYECTO: IFVC												COD. PLANO: CAD2D-01/07												ESCALA: 1/2000												FORMATO: A-3												PLANO N°: 1											