

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE VENTILADORES PRINCIPALES PARA
MEJORAR LAS CONDICIONES TERMO AMBIENTALES EN LA UNIDAD MINERA
AURÍFERA RETAMAS S. A., PARCOY, LA LIBERTAD**

PRESENTADO POR:
Br. DAVID CANSAYA PAPEL

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

ASESOR:
Dr. FLORENTINO YANA JAHUIRA

CUSCO - PERU

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: SELECCION Y UBICACION DE VENTILADORES PRINCIPALES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES TERMO AMBIENTALES EN LA UNIDAD MINERA AURIFERA RETAMAS S.A, PARCOY, LA LIBERTAD

presentado por: DAVID CANSAYA PADEL con DNI Nro.: 70664229 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO DE MINAS

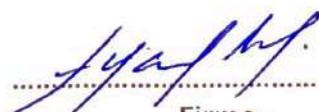
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8%.

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 la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 26 de Abril de 2021


.....
Firma

Post firma FLORENTINO YANA JAHUIRA

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: 272590350014182 ✓

NOMBRE DEL TRABAJO

SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE VENTILADORES PRINCIPALES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES TERMO AMBIENTALES EN

AUTOR

DAVID CANSAYA PAPEL

RECUENTO DE PALABRAS

23899 Words

RECUENTO DE CARACTERES

116437 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

162 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

43.2MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 25, 2024 5:51 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 25, 2024 5:53 PM GMT-5**● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

DEDICATORIA

A mi amada esposa Keyla por su apoyo y amor constante.

A mis queridos padres: Concepción y Víctor, porque desde pequeño me inculcaron los principios de la humildad, esfuerzo y la perseverancia.

Esta tesis va dedicada para ellos por el esfuerzo que me brindaron para culminar satisfactoriamente mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A mi querida esposa Keyla por su apoyo e impulso para culminar este trabajo de investigación.

A mi madre, padre y hermanos por los ánimos ofrecidos, a mi asesor por su apoyo constante e incondicional desde mi etapa estudiantil, al ingeniero Roberto Palacios Ramos por permitir que se haga realidad esta investigación, a mi escuela mater por todos los conocimientos adquiridos en todo mi periodo de estudios universitarios y amigos por sus buenos deseos y apoyo en sus experiencias profesionales relacionadas al área de ventilación en minas subterráneas.

Agradezco a la Gerencia de Operaciones y a las Superintendencias de: Planeamiento & Ingeniería, Mina, Geología, Mantenimiento Mecánico y Eléctrico, por proporcionarme la información necesaria para la realización de los proyectos.

Además, agradecer a las personas que aportaron con sus observaciones, conciliando en cada momento la información obtenida en campo y los datos que se manejaron, para el resultado óptimo y llegar a la culminación satisfactoria del estudio.

RESUMEN

El propósito de esta investigación es seleccionar y ubicar ventiladores principales con el propósito de bajar las altas temperaturas en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A.

Evaluando e implementando el uso del software Ventsim, con el cual nos permitirá conocer de manera integral los circuitos de ventilación y plantear mejoras.

Primero, se hicieron las mediciones de velocidades de aire y temperaturas en interior mina y en las comunicaciones a superficie, durante los meses de enero 2022 hasta junio del 2022.

Segundo, consistió en modelar todo el sistema de ventilación a detalle, durante los meses julio - agosto del 2022, cuya culminación fue satisfactoria. En esta fase final, se procesó toda la información en el software, lográndose la calibración del modelo 3D a un 90%, para proceder con las simulaciones y paralelamente se definieron los ejes principales de ventilación. Cabe señalar que, durante la primera fase se pudo identificar circuitos antiguos, que aún se encuentran en buen estado, así como galerías y chimeneas a superficie; los cuales, una vez dado su recuperación y mantenimiento de esas labores, servirán para bajar las temperaturas altas.

Las conclusiones y recomendaciones que se exponen al final del estudio son el resultado de los análisis que se obtuvieron, durante las jornadas de conciliación y validación de la data, y los resultados que arrojó el software (Ccoropuma Challa, 2013), alimentándose los planes de minado, y sus proyecciones al Corto plazo.

Palabras clave: Caudal, velocidad, temperatura bulbo seco y bulbo húmedo, diseño de escenarios de ventilación, humedad relativa, requerimiento de aire y cobertura.

ABSTRACT

The purpose of this investigation is to locate and select main fans with the purpose of lowering the high temperatures in the Unidad Minera Aurífera Retamas S.A.

Evaluating and implementing the use of Ventsim software, with which it will allow us to fully understand the ventilation circuits and propose improvements.

First, the measurements of air speeds and temperatures inside the mine and in communications to the surface were made, during the months of January 2022 to June 2022.

Second, it consisted of modelling the entire ventilation system in detail, during the months of July - August 2022, the completion of which was satisfactory. In this final phase, all the information was processed in the software, achieving a 90% calibration of the 3D model, to proceed with the simulations and in parallel the main ventilation axes were defined. It should be noted that during the first phase it was possible to identify old circuits, which are still in good condition, as well as galleries and chimneys on the surface, which, once given their recovery and maintenance of these tasks, will serve to lower high temperatures.

The conclusions and recommendations that are exposed at the end of the study are the result of the analyzes that were obtained, during the days of reconciliation and validation of the data, and the results that the software produced, feeding the plans mining, and its projections in the short term.

Keywords: Flow, velocity, dry bulb and wet bulb temperature, ventilation scenario design, relative humidity, air requirement and coverage

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
CONTENIDO GENERAL	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
ÍNDICE DE PLANOS	15
ÍNDICE DE MAPAS	16
ÍNDICE DE ÁBACOS.....	16
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	18
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO I.....	21
PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.1.Descripción de la realidad problemática.....	21
1.2.Formulación del Problema.....	22
1.2.1. Problema general. –	22
1.2.2. Problemas específicos. –.....	23
1.3.Objetivos de la Investigación.....	23
1.3.1. Objetivo general. –.....	23
1.3.2. Objetivos específicos. –	23
1.4.Justificación del Estudio	24
1.5.Alcances y Limitaciones de la Investigación. –.....	24
1.6.Hipótesis	25
1.6.1. Hipótesis General. –.....	25
1.6.2. Hipótesis Específicas. –	25
1.7.Variables e Indicadores.....	25
1.8 Metodología del procesamiento.....	26
1.9.Ámbito de Estudio	27
1.10. Tipo de Investigación	28
1.11. Nivel de Investigación.....	28

1.12. Población y muestra.....	28
CAPITULO II	29
MARCO TEÓRICO	29
2.1. Antecedentes de Investigación.....	29
2.2. Marco legal	31
2.3. Base Teórica.....	32
2.3.1. Flujo de aire en labores mineras	32
2.3.2. Integración de ventiladores	35
2.3.3. Pérdidas de carga de un circuito de ventilación.....	37
2.3.4. Ventiladores	39
2.3.5. Propiedades térmicas de rocas y fluidos	42
2.4. Marco Conceptual.....	44
2.5. Marco Contextual.....	45
2.5.1. Ubicación	45
2.5.2. Clima.....	46
2.5.3. Accesibilidad	46
2.6. Geología.....	47
2.6.1. Geología local	47
2.6.2. Reservas probadas y probables	48
2.6.3. Geomecánica.....	48
2.7. Producción Mina.....	49
2.8. Información administrativa.....	50
CAPITULO III.....	51
PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	51
3.1 Sistema de ventilación actual.....	51
3.1.1 Zona San Vicente y Chilcas:.....	51
3.1.2 Zona Valeria I	59
3.1.3 Zona Valeria II y III.....	64
3.1.4 Zona Valeria IV y V	69
3.2 Medición de estaciones de ventilación	74
3.2.1 Estaciones principales – ingresos de aire.....	74
3.2.2 Estaciones principales – salidas de aire	74
3.2.3 Estaciones secundarias.....	75
3.3 Cálculo del requerimiento de caudal de aire global.....	75

3.3.1	Requerimiento de aire por trabajadores	76
3.3.2	Requerimiento de aire por equipos petroleros	77
3.3.3	Requerimiento de aire por consumo de madera.....	78
3.3.4	Requerimiento de aire por temperatura en las labores.....	78
3.3.5	Requerimiento de aire por consumo de explosivo.....	79
3.3.6	Requerimiento de aire por fugas	80
3.3.7	Requerimiento global de aire.	80
3.3.8.	Balance de Ventilación Actual	81
3.4	Análisis de velocidades de aire	82
3.4.1	Análisis de velocidades de aire	82
3.5	Modelamiento y caracterización en el Software Ventsim	83
3.5.1	Determinación del factor de fricción “K”	84
3.6	Inventario de ventiladores.....	86
3.7	Costo de energía global.....	87
3.7.1	Costo de energía por eje o circuito	88
3.7.2	Costo de energía de ventilación auxiliar por zona	89
3.7.3	Caída de presión por eje o circuito de salida	89
3.8	Modelo actual Ventsim 3D de la mina	95
3.8.1	Configuración y entrada de parámetros de simulación.....	95
3.8.2	Modelamiento y caracterización topográfica.....	96
3.8.3	Caracterización de ventiladores	98
3.8.4	Calibración del modelo 3D de la mina en el Software Ventsim.....	99
3.8.5	Simulación de calor	105
CAPITULO IV		114
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		114
4.1	Diseño de las alternativas para la mejora continua al corto plazo	114
4.1.1.	Escenario 1: RB 03 (110 kcfm) y RC 05 (110 kcfm)	115
4.1.2.	Escenario 2: RB 03 (110 kcfm), RC 05 (110 kcfm) y RB 11 (2 x 200 kcfm) 118	
4.1.3.	Escenario 3: RB 03 (110 kcfm) y RB 11 (2 x 200 kcfm)	120
4.1.4.	Escenario 4: RB 03 (110 kcfm) y RC 10 (2 x 200 kcfm)	121
4.2	Resumen general de los 04 escenarios.....	123
4.3	Resumen de los valores de los ventiladores en los 04 escenarios.....	125
4.4	Análisis de la temperatura en las zonas aplicando el escenario 02.....	126

4.5. Evaluación Económica.....	128
4.5.1. Plan de producción.....	128
4.5.2. Ingreso proyectado.....	128
4.5.3. Costos de capital (CAPEX)	129
4.5.4. Costos de operación (OPEX)	131
4.5.5. Flujo de caja del proyecto.....	132
4.5.6. Periodo de recuperación (PAYBACK).....	134
CONCLUSIONES.....	135
RECOMENDACIONES	137
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	138
ANEXOS.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	25
Tabla 2 Rutas de acceso a la mina	46
Tabla 3. Reservas anualizado.....	48
Tabla 4. Ingreso de aire de la Zona San Vicente y Chilcas	52
Tabla 5. Salida de aire de la Zona San Vicente y Chilcas	52
Tabla 6. Balance de aire - Zona San Vicente y Chilcas.....	53
Tabla 7. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona San Vicente y Chilcas.....	54
Tabla 8. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona San Vicente y Chilcas	55
Tabla 9. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona San Vicente y Chilcas.....	55
Tabla 10. Velocidad mínima.....	56
Tabla 11. Requerimiento por temperatura	57
Tabla 12. Distribución de Requerimientos en la Zona San Vicente y Chilcas	57
Tabla 13. Cobertura de aire en la Zona San Vicente y Chilcas	58
Tabla 14. Ingreso de aire en la Zona Valeria I.....	59
Tabla 15. Salida de aire en la Zona Valeria I.....	59
Tabla 16. Balance de aire -Zona Valeria I.....	60
Tabla 17. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona Valeria I	61
Tabla 18. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona Valeria I.....	61
Tabla 19. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona Valeria I	61

Tabla 20. Requerimiento por temperatura	62
Tabla 21. Distribución de Requerimientos en la Zona Valeria I	62
Tabla 22. Cobertura de aire en la Zona Valeria I.....	63
Tabla 23. Ingreso de aire en la Zona Valeria II y III	64
Tabla 24. Salida de aire en la Zona Valeria II y III	64
Tabla 25. Balance de aire - Zona Valeria II y III.....	64
Tabla 26. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona Valeria II y III	65
Tabla 27. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona Valeria II y III.....	66
Tabla 28. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona Valeria II y III.	66
Tabla 29. Requerimiento por temperatura	67
Tabla 30. Distribución de Requerimientos en la Zona Valeria II y III.....	67
Tabla 31. Cobertura de aire en la Zona Valeria II y III	68
Tabla 32. Ingreso de aire en la zona Valeria IV y V.....	69
Tabla 33. Salida de aire en la zona Valeria IV y V.....	69
Tabla 34. Balance de aire - Zona Valeria IV y V	69
Tabla 35. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona Valeria IV y V	70
Tabla 36. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona Valeria IV y V	71
Tabla 37. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona Valeria IV y V	71
Tabla 38. Requerimiento por temperatura	72
Tabla 39. Distribución de Requerimientos en la Zona Valeria IV y V.....	72
Tabla 40. Cobertura de aire de la Zona Valeria IV y V	73
Tabla 41. Ingreso de aire fresco actual, medición de campo.	74
Tabla 42. Salida de aire actual, medición de campo.....	75

Tabla 43. Requerimiento de Aire por Trabajadores.....	76
Tabla 44. Requerimiento de Aire por Equipos Petroleros	77
Tabla 45. Factor de producción de acuerdo con el consumo de madera	78
Tabla 46. Requerimiento de aire por consumo de madera.....	78
Tabla 47. Caudal requerido por Temperatura en las Labores de Trabajo.....	78
Tabla 48. Consumo de explosivos kg/mes.....	79
Tabla 49. Turno de día	79
Tabla 50. Cálculo del requerimiento global de aire – U.M. “San Andrés” – MARSA.	80
Tabla 51. Balance y Cobertura Actual	81
Tabla 52. Determinación de factor "K".	86
Tabla 53. Cantidad de ventiladores operativos por zona.	87
Tabla 54. Costo de energía por eje.....	88
Tabla 55. Costo de energía por zonas.	89
Tabla 56. Descripción de ejes principales de salida de aire.....	89
Tabla 57. Parámetros termo-ambientales – U.M. “San Andrés” – MARSA.....	95
Tabla 58. Resumen de la red del sistema en condiciones actuales	102
Tabla 59. Resumen de potencia eléctrica en condiciones actuales	103
Tabla 60. Resumen del costo de energía anual en condiciones actuales	104
Tabla 61. Indicadores mecánicos de los equipos Diésel en funcionamiento	106
Tabla 62. Parámetros termodinámicos de los equipos Diésel.....	107
Tabla 63. Gradiente geotérmica de la mina	109
Tabla 64. Resultados del Escenario 1	118
Tabla 65. Resultados del Escenario 2	120

Tabla 66. Resultados del Escenario 3	121
Tabla 67. Resultados del Escenario 4	122
Tabla 68. Resumen de los 04 escenarios del plan al corto plazo	123
Tabla 69. Resumen de los valores de los ventiladores en los 04 escenarios	125
Tabla 70. Plan de producción proyectada	128
Tabla 71. Ingreso proyectado de la vida de la mina; Error! Vínculo no válido.	128
Tabla 72. Costo de labores proyectadas anualmente	129
Tabla 73. Equipos de mina proyectado	129
Tabla 74. Resumen de los costos CAPEX – OPEX de los 04 escenarios	130
Tabla 75. Costo total CAPEX	131
Tabla 76. Costos de operación	131
Tabla 77. Flujo de caja del anualizado	132
Tabla 78. Balance de ingresos y egresos anualizado	133
Tabla 79. Indicadores financieros	133
Tabla 80. Periodo de recuperación	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Curva de presión, eficiencia y potencia de un ventilador axial	34
Figura 2. Enseriado de dos ventiladores	36
Figura 3. Instalación de dos ventiladores en paralelo	37
Figura 4. Ventilador Centrifugo	40
Figura 5. Ventilador de Hélice Tipo Neumático	41
Figura 6. Ventilador Axial	42

Figura 7. Vista transversal método de explotación por corte y relleno ascendente.	49
Figura 8. Vista transversal Método de explotación por Long Wall con puntales.	49
Figura 9. Distribución global de Requerimiento de aire en la Zona San Vicente y Chilcas	58
Figura 10. Distribución de aire en la Zona San Vicente y Chilcas	58
Figura 11. Distribución global de Requerimiento de aire en la Zona Valeria I.....	63
Figura 12. Distribución de aire en la Zona Valeria I	63
Figura 13. Distribución global de Requerimiento de aire en la Zona Valeria II y III	68
Figura 14. Distribución de aire en la Zona Valeria II y III.....	68
Figura 15. Distribución global de requerimiento de aire de la Zona Valeria IV y V	73
Figura 16. Distribución de aire en la Zona Valeria IV y V.....	73
Figura 17. Distribución Global del Requerimiento de Aire – U.M. “San Andrés” – MARSA.	80
Figura 18. Distribución del balance de aire	81
Figura 19. Análisis de Velocidad Promedio por niveles.....	82
Figura 20. Análisis de velocidad en la Rp Patrick por niveles	83
Figura 21. Medición de la caída de presión para una labor	84
Figura 22. Costo de energía por eje o circuito	88
Figura 23. Curva de operación de los ventiladores.....	98
Figura 24. Correlación de ingresos y salidas de aire	100
Figura 25. Correlación de estaciones secundarias, zona Chilcas y San Vicente.	100
Figura 26. Correlación de estaciones secundarias, zona Valeria II - III.	101
Figura 27. Correlación de estaciones secundarias, zona Valeria I.....	101

Figura 28. Correlación de estaciones secundarias, zona Valeria IV - V.....	101
Figura 29. Distribución gráfica de las pérdidas	104
Figura 30. Curva de resistencia.....	105
Figura 31. Asistente de calor del Software Ventsim para equipos Diésel	106
Figura 32. Análisis de temperaturas RP Patrick por niveles.....	110
Figura 33. Influencia de la temperatura de bulbo húmedo en el rendimiento del trabajador.	112
Figura 34. Efecto de la capacidad de enfriamiento del aire en la productividad.	113
Figura 35. Comparativo del caudal de ingreso de los 04 escenarios.	123
Figura 36. Comparativo de la caída de presión de los 04 escenarios.	124
Figura 37. Comparativo de la caída de la potencia eléctrica de los 04 escenarios.	124
Figura 38. Comparativo de la resistencia de los 04 escenarios.....	124
Figura 39. Correlación de temperaturas Corto Plazo en las zonas San Vicente y Chilcas	126
Figura 40. Correlación de temperaturas Corto Plazo en las zonas Valeria I-II-III.	127
Figura 41. Correlación de temperaturas Corto Plazo en las zonas Valeria IV-V.	127
Figura 42. Periodo de recuperación	134

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Plano de zonificación longitudinal global – U.M. “San Andrés” – MARSA.....	48
Plano 2. Ubicación Zona San Vicente y Chilcas	53
Plano 3. Ubicación Zona Valeria I.....	60
Plano 4. Ubicación Zona Valeria II y III	65

Plano 5. Ubicación Zona Valeria IV y V	70
Plano 6. Vista isométrica Circuito RC 10.....	90
Plano 7. Vista isométrica Circuito RC 43.....	91
Plano 8. Vista isométrica Circuito RB 11	92
Plano 9. Vista isométrica Circuito San Vicente.....	93
Plano 10. Vista isométrica Circuito Far West.....	94
Plano 11. Plano de la temperatura de roca virgen de toda la mina	108
Plano 12. Instalación de 01 ventilador V-77 (110kcfm) en el eje RB 03	115
Plano 13. Instalación de 01 ventilador (110 kcfm - variado a 80 kcfm) en el eje RC 05 117	
Plano 14. Instalación de 02 ventiladores en el eje RB 11 (2 x 200 kcfm)	119
Plano 15. Instalación de 02 ventiladores en el eje RC 10 (2 x 200 kcfm)	122

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación geográfica – U.M. “San Andrés” – MARSА.	45
Mapa 2. Acceso a la mina – U.M. “San Andrés” – MARSА.	46
Mapa 3. Vista unifilar de las vetas geológicas por niveles.	47
Mapa 4. Vista en planta del modelo 3D – U.M. “San Andrés” – MARSА.....	96
Mapa 5. Vista longitudinal modelo 3D - U.M. "San Andrés" – MARSА.....	97

ÍNDICE DE ÁBACOS

Ábaco 1. Ejemplo de curvas características de un ventilador axial con ángulo de paleta variable.....	35
--	----

ANEXOS

- ANEXO I: Inventario de ventiladores
- ANEXO II: Medición de parámetros eléctricos de los ventiladores
- ANEXO III: Costo de energía global
- ANEXO IV: Curvas características de los ventiladores principales
- ANEXO V: Evidencias fotográficas
- ANEXO VI: Matriz de consistencia
- ANEXO VII: Plano unifilar del sistema de ventilación

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

P: Caída de presión total (Pascales - Pa).

cfm: (Cubic Feet per Minute). Cantidad de aire que atraviesa un punto de medición en un minuto.

kcfm: Abreviación de miles de pies cúbicos por minuto.

Hz: Hertz, medida de la frecuencia que se repite una onda en un segundo.

“C.A.: Unidad de presión, igual a la presión ejercida por una columna de agua de una pulgada de altura a temperatura estándar.

Q: Caudal de aire, desplazamiento en una unidad de tiempo de una cierta cantidad de aire expresada en cfm o m³/min.

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

HR: Humedad relativa, contenido de vapor de agua en el aire expresada en %.

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.

RP: Rampa, estructura compuesta por una calzada, berma y cuneta con una pendiente positiva o negativa. En la minería es construida en la etapa de desarrollo para conectar y dar acceso a la explotación del mineral.

HP: Horse Power, capacidad efectiva de potencia de los motores de los equipos Diésel.

DM: Disponibilidad mecánica de los equipos Diésel, expresada en porcentaje (%).

FU: Factor de utilización de los equipos Diésel, expresada en porcentaje (%).

FA: Factor de corrección por altitud aplicados a los equipos Diésel, expresada en porcentaje (%).

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

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

CX: Crucero, labor minera horizontal que se realiza sobre roca estéril.

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

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

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

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

INCL: Inclinado, labor minera inclinada que se realiza sobre roca estéril.

CC: Cámara de carguío, labor minera horizontal que se realiza sobre roca estéril.

INTRODUCCIÓN

Capítulo I comprende; la **PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN**, en donde se tocan los siguientes temas: formulación del problema, objetivos, justificación, hipótesis y la operacionalización de las variables.

Capítulo II comprende; el **MARCO TEÓRICO** en donde se detallan las bases teóricas necesarias y el marco legal. Esta investigación se centra en el análisis de las condiciones ambientales en interior mina con el fin de simular distintos escenarios y elegir el que arroje mejores condiciones termo ambientales, mecánicas, eléctricas y económicas tomando en cuenta el marco contextual, conceptual y la geología.

Capítulo III comprende; el **PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**, en donde se realiza la toma de datos en campo como: la velocidad del aire, sección (ancho y alto), forma o tipo, factores de fricción, factores de choque, temperaturas de bulbo seco (ambiente), temperatura de bulbo húmedo y la humedad relativa de las labores mineras.

Seguidamente se desarrolla el modelamiento y la calibración en 3D del sistema de ventilación actual. Para luego realizar la simulación para el plan al corto plazo de 4 escenarios mediante la construcción de nuevas infraestructuras en donde se colocarán ventiladores en paralelo y serie indistintamente para ser descritos y comparados su operatividad y desempeño.

Capítulo IV comprende; el **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS** en donde se elegirá el mejor de los 4 escenarios de ventilación considerando el acceso al lugar, incremento de aire, disminución de la temperatura, menor consumo de energía y menor costo total para la mejora en las condiciones termo ambientales.

Culminando con las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial una de las principales pérdidas en la productividad de la extracción del mineral se origina por presentar temperaturas altas en el lugar de trabajo. A consecuencia de presencia de fuentes hidrotermales y la profundidad con relación a la superficie.

En el Perú y específicamente en Trujillo, se cuentan con minas antiguas y con una profundización alrededor de los 1,000 metros desde superficie; lo que ocasiona un ambiente con altas temperaturas en las zonas profundas de la mina.

Normalmente las minas subterráneas con yacimientos de oro son las que tienen problemas con las temperaturas elevadas, por el método de explotación que aplican (Corte y relleno ascendente).

Por ello las minas usan ventiladores de gran magnitud y potencia, para enviar el aire frío a las zonas más profundas y bajar la temperatura de ambiente, según la normativa vigente del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional.

En la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A. – MARSА se ha visto que el caudal total de aire que ingresa se encuentra al límite de lo que exige la normativa, generando que las temperaturas de ambiente en las zonas profundas de la mina se encuentren por encima de los 28 °C.

La causa de este problema es originada por la deficiencia de ventiladores principales y la falta de chimeneas independientes conectadas a superficie.

Las consecuencias serán, elevadas temperaturas de ambiente, lo cual generará insoportables condiciones de trabajo y la paralización de la producción, desarrollo y exploración de la mina.

Es por eso por lo que la solución es determinar la cantidad de ventiladores principales que se aumentarán y donde serán ubicados para así reducir las temperaturas de ambiente.

1.2. Formulación del Problema

A consecuencia de las condiciones expuestas anteriormente el problema de investigación se resume en lo siguiente.

1.2.1. Problema general. –

¿Qué acciones se debe realizar para mejorar las condiciones termo ambientales en las zonas profundas de la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A., Parcoy, La Libertad?

1.2.2. Problemas específicos. –

- a) ¿De qué manera se presenta las condiciones termo ambientales deficientes en el sistema de ventilación de las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V?
- b) ¿Por qué el diseño del sistema de ventilación es irregular por presentar déficit y superávit en la cobertura de aire para las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V?
- c) ¿Qué escenarios se deben de proponer para mejorar las condiciones termo ambientales en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A., Parcoy, La Libertad?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general. –

Proponer una mejora de las condiciones termo ambientales, con la implementación de ventiladores principales en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A., Parcoy, La Libertad.

1.3.2. Objetivos específicos. –

- a) Describir las condiciones deficientes en el sistema de ventilación de las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V.
- b) Realizar el diseño del sistema de ventilación para equilibrar la cobertura de aire para las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V
- c) Proponer distintos escenarios que mejoren las condiciones termo ambientales en la zona profunda de la mina y en las zonas de explotación.

1.4. Justificación del Estudio

Como justificación teórica se cuenta con la referencia bibliográfica del libro de “Ingeniería de Ventilación Subterránea como fuente principal y entre otras mencionadas en la bibliografía”.

Como justificación práctica resolver el principal problema de exceso de la temperatura de ambiente en la profundización de la mina.

Como justificación económica colaborar con la constante extracción del mineral y evitar que se paralicen labores mineras por la falta de aire y temperaturas elevadas en el lugar, ocasionando una reducción de la producción y pérdidas económicas.

Y una justificación investigativa puesto que se continuarán con más investigaciones de esta índole y evitar este tipo de condiciones en minas profundas en el Perú.

1.5. Alcances y Limitaciones de la Investigación. –

Esta investigación tiene un alcance social ya que se espera dar mejores condiciones ambientales de trabajo para las 767 personas que trabajan en cada turno en interior mina (trabajadores y supervisores).

El alcance geográfico o espacial contempla toda la unidad minera y sus alrededores.

En cuanto al alcance temporal el estudio se realizó desde enero hasta agosto del 2022.

Cuenta con limitaciones en la toma de la muestra, porque las mediciones de las velocidades del aire y temperaturas de ambiente deben de efectuarse en el mismo tiempo ya sea de día o de noche en todos los puntos principales de ingreso y salida de aire.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General. –

Considerando que existe deficiente caudal de ingreso de aire; con la implementación de ventiladores principales mejora las condiciones termo ambientales en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A., Parcoy, La Libertad.

1.6.2. Hipótesis Específicas. –

- a) El estudio de las condiciones termo ambientales de las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V; brinda datos con temperaturas altas en las zonas profundas y bajo rendimiento de los trabajadores.
- b) El diseño del sistema de ventilación mejora las coberturas de aire en base a la implementación de ventiladores y la construcción de tapones para regular la cantidad de aire para cada zona.
- c) Al analizar los distintos escenarios propuestos se selecciona el escenario donde nos incremente mayor caudal de ingreso de aire fresco y reduzca las temperaturas ambientales en las zonas profundas y de explotación.

1.7. Variables e Indicadores

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE			
- Selección y ubicación de ventiladores principales	- Requerimiento de aire.	- Dimensión de las labores mineras.	metros (m)
	- Caudal de aire en el sistema.	- Factor de choque.	Pascales (Pa)
		- Factor de fricción.	Kg/m ³
		- Personal y equipos.	unidades (und)
VARIABLES DEPENDIENTES			
- Condiciones termo ambientales de trabajo. - Déficit y superávit de caudal. - Escenarios de ventilación.	- Requerimiento de aire. - Caudal de aire en el sistema.	- Velocidad del aire.	Metros por segundo (m/s)
		- Temperatura de bulbo húmedo y seco	° C
		- Densidad del aire.	Kg/m ³
		- Humedad relativa.	Porcentaje (%)
		- Consumo de madera	unidades (und)
		- Disponibilidad mecánica.	Porcentaje (%)
	- Resistencia de la mina.	Ns ² /m ⁸	

Fuente: Elaboración propia

1.8 Metodología del procesamiento

a) Las actividades se programaron para ser ejecutadas en 04 meses en campo y 04 meses en gabinete en donde se expone a la gerencia general para su aplicación.

b) Realizar la validación a detalle de la superficie topográfica además de la topografía de los niveles en interior mina, direcciones o sentido del flujo de aire y caudales de ingreso y salida del sistema de ventilación actual de toda la mina compuesto por 04 zonas: “San Vicente - Chilcas, Valeria I, Valeria II – III y Valeria IV – V”.

c) Revisar los proyectos de ventilación que se plantearán para satisfacer las necesidades y mejorar las condiciones termo ambientales del sistema de ventilación que permitan contribuir en el futuro la continuidad del minado en base a las reservas y los recursos del yacimiento minero.

d) Realizar la simulación de los proyectos de ventilación teniendo un modelo 3D del sistema de ventilación con un grado de calibración del 90%.

Se detallan a continuación las actividades realizadas:

- Identificación de los principales ingresos y salidas de aire en la mina, así como por Zonas de producción, realizando el balance de ventilación global.
- Codificación de todas las estaciones de monitoreo, indicando el nivel al que pertenecen, labor, dirección del flujo, midiendo la velocidad del aire, sección de la labor y condiciones termo ambientales.
- Realizar un barrido sobre la RP PATRICK para el análisis de temperatura y caída de presión.

- Medición de ventiladores principales, secundarios y auxiliares por familia para el cálculo de su eficiencia.

1.9. Ámbito de Estudio

Para el desarrollo de la tesis se tuvo que recolectar principalmente los siguientes datos operativos de la mina:

- a) Cantidad máxima de personas que trabajan en el interior de la mina durante un turno de trabajo ya sea de día o de noche.
- b) Cantidad de madera que ingresa a la mina para el sostenimiento de las labores por turno.
- c) Producción de la mina en toneladas métricas de mineral al día.
- d) Medición de las temperaturas de bulbo seco (ambiente) y húmedo en cada nivel de la mina.
- e) Reporte de la cantidad máxima de equipos de combustión a Diésel que trabajan en la mina por cada turno.
- f) Conocer la disponibilidad mecánica y Factor de Utilización de todos los equipos.
- g) Estos datos servirán para el cálculo del requerimiento de caudal de aire para toda la mina y conocer cuál es la cobertura de aire actual en la mina.
- h) Acerca de estos temas y otros se mencionan en el Ítem 2.2. Marco Contextual del Capítulo II y el Ítem 2.3. Marco Legal. Además, que en los Anexos se detallan las tablas de los puntos mencionados anteriormente.

1.10. Tipo de Investigación

Es una investigación Analítica, y consiste fundamentalmente en establecer la comparación de diferentes escenarios de VENTILACIÓN en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A. realizando un estudio detallado de cada escenario.

1.11. Nivel de Investigación

La importancia del presente estudio en la Ventilación de labores de “Desarrollo y Producción” es de manera CORRELACIONAL y a la vez DESCRIPTIVO.

1.12. Población y muestra

Población: Unidad Minera Aurífera Retamas S.A.; Sistema de Ventilación.

Muestra: Muestra no estadística, no probabilística (por conveniencia de la investigación)

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

Título de la tesis: “Dinámica de fluidos para el decremento de temperaturas y rediseño del circuito de ventilación en vetas mercedes 2 y san juan de la UEA. De San Juan De Chorunga”.

Autor: Ccoropuma Challa Edgardo José

Universidad: Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa.

Ccoropuma (2013) La empresa minera Century Mining, la cual extrae oro en la región de Arequipa, tiene una zona llamada Mercedes II, el cual tiene problemas con altas temperaturas en los niveles más profundos a causa del poco caudal de aire fresco que ingresa a esa zona. Para poder mejorar las condiciones se tuvo que realizar un nuevo diseño del recorrido de aire fresco que ingresa hasta la profundización obteniéndose resultados favorables en donde se logró incrementar el aire de ingreso en un 35.33% y bajar la temperatura en un 1.6°C. Pudiéndose llegar al objetivo de cumplir con las normas peruanas vigentes relacionados a la velocidad mínima y temperatura máxima en el lugar de trabajo.

Título de la tesis: “Estudio y diseño del sistema de ventilación de las zonas Yurika y Pablo, Hochschild Mining - Unidad Operativa Pallancata”

Autor: José Carlos Bustamante Morales

Universidad: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco

Mamani (2019) El siguiente estudio se plantea realizar una inspección del sistema de ventilación actual y proyectarse a un futuro de plazos, en los cuales se planteen distintos escenarios para mejorar las condiciones de la ventilación subterránea considerando la geología local, se trabajó con simulaciones en el software especializado, contemplando 4 alternativas en la zona de Pablo y Yurika, con las posibles ejecuciones de Raise Climber y Raise Boring, en las cuales se colocarán ventiladores en paralelo y en otras alternativas en serie, con el propósito de aumentar el caudal y cobertura de aire, además de considerar también cual sería la alternativa con mayor costos de inversión y costos operativos para su elección.

Título de la tesis: “Optimización De Costos Aplicando Geomecánica En El Proyecto De Ventilación De La Zona K De La Mina Paragsha – Cerro De Pasco”

Autor: José Carlos Bustamante Morales

Universidad: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco

Bustamante (2016) En la minería subterránea en común ver casos en donde el tipo de sostenimiento de la roca va directamente relacionado a la continuidad de una labor vertical que sirve como ingreso o salida de aire desde los niveles más profundos, en el periodo de trabajo de toda la vida de la mina o de esa zona específica, por ello es importante realizar estudios Geomecánicos a detalle, en donde serán ubicados estos ejes principales de ventilación. Además de analizar cuál será su propósito de la construcción y para cuanto tiempo estará en uso. Posteriormente hacer un análisis del costo de inversión del sostenimiento que mejor factor de seguridad nos ofrecerá, caso contrario si reducimos el costo de inversión en sostenimiento a la larga puede ser mucho mayor o hasta incluso poderse derrumbar el eje de ventilación. Como ya ha ocurrido en muchas otras minas. Generando pérdidas millonarias.

2.2. Marco legal

Según el decreto supremo 024 (2016) y su modificatoria 023 (2017) En el Subcapítulo VIII del reglamento de ventilación (Art. 246 - Art. 257) es necesario considerar los siguientes aspectos en la ventilación de minas subterráneas, las cuales serán fiscalizables por el estado:

1. Brindar un aire puro y limpio de gases contaminantes nocivos para la salud en el lugar de trabajo, principalmente por debajo de los límites máximos permitidos.
2. Las construcciones de ingreso y salida de aire a la mina deben de ser independientes y si en caso el aire que ingresa de forma natural es menor a lo que se requiere, entonces es necesario utilizar ventiladores a motor que nos genere mayor caudal de aire y satisfacer nuestras necesidades.
3. Está totalmente prohibido recircular aire por encima de los límites máximos.
4. Es necesario colocar una ventilación auxiliar en labores ciegas o de un solo ingreso a nos mas de 15 metros del frente con ductos de cualquier material.
5. Se debe calcular la cantidad de aire para cada persona según la altura que se encuentre la mina con relación al mar.
6. Las velocidades de aire no deben superar los 250 m/min en lugares donde se transiten o trabajen personas y no debe ser menor de 20 m/min si se usa dinamita y en caso de anfo u otros agentes similares 25 m/min.
7. Los ventiladores principales deben estar libre de cualquier accidente, con 2 fuentes independientes de energía, uso de silenciadores, alarmas que nos avise si se llegasen a detener y respetar el programa de mantenimiento preventivo.
8. Si se malograra un ventilador debe detenerse los trabajos en ese lugar hasta que se reemplace por otro y las condiciones se hayan normalizado.

9. Los ventiladores principales por encima de 100,000 cfm deben tener un arranque automático, alarma, un panel de control, baterías independientes en caso ocurra un corte de energía y control de los gases que son expulsados.
10. Se debe programar inspecciones de ventilación semestrales y cada vez que conectemos una labor con otra.
11. Realizar el cálculo de la demanda de aire y su cobertura.
12. La diferencia de la cantidad de aire que ingresa menos la de salida no debe superar el 10% del total de aire que ingresa.

2.3. Base Teórica

2.3.1. Flujo de aire en labores mineras

El proporcionar aire limpio con una cantidad y recorrido considerando las teorías atmosféricas hasta las zonas más profundas es considerado, ventilación de minas.

Donde el propósito principal es entregar la cantidad necesaria de aire para que los trabajadores puedan desempeñarse de manera óptima e incrementando su productividad diaria. Por esta razón para ofrecer la mejor comodidad se calculó que el aire necesario para una persona es de 20 cfm ($0.6 \text{ m}^3/\text{min}$) como mínimo, lo cual va incrementándose debido a la presencia de gases, polvo, calor y humedad llegando a calcularse entre 200 – 2,000 cfm ($6 – 60 \text{ m}^3/\text{min}$) por persona, por ello hay ocasiones en donde la ventilación es tan adverso que por cada 10 a 20 toneladas de aire suministrado se extrae una tonelada de mineral. (Hartman, Mutmanky, Ramani, & Wang, 1997, p.135)

a) Gases de mina

El responsable de la ventilación debe tener en cuenta el monitoreo de la calidad de aire que se está suministrando para el respirar de las personas que trabajan constantemente.

Es por ello por lo que en el interior de la mina es posible encontrar muchos puntos donde se tenga exposiciones de contaminantes ya sea polvo, gases de voladuras o de las maquinarias, estratos gaseosos; los cuales deben ser aislados y expulsados hasta superficie sin la necesidad de mezclarse con el aire fresco que ingresa para los trabajadores (Hartman, Mutmansky, Ramani, & Wang, 1997, p.29).

b) Contaminantes

Son sustancias no deseables que se encuentran en el aire a causa de procesos químicos y que están clasificados en particulados (líquidos y sólidos) y no particulados (gases y vapores). Los líquidos incluyen niebla y los sólidos polvo, humo y organismos.

Lo que más se encuentran en el subsuelo son gases y polvos, por ello es importante monitorearlos de donde están proviniendo y cuál es su causa para tomar acción y reducir la exposición del personal a estos (Hartman, Mutmansky, Ramani, & Wang, 1997, p.29).

c) Curva de operación del ventilador

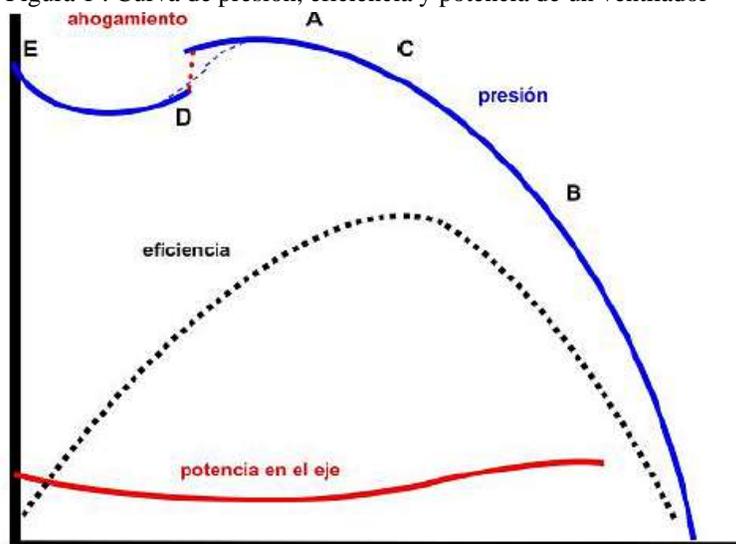
El ventilador que es accionado por un motor y álabes puede estar ubicado como extractor o impulsor de aire para una labor minera, la cual ofrece una resistencia; nos arrojará una presión de trabajo del ventilador y también el caudal de aire suministrado.

Dentro de la presión del ventilador tendremos la estática (presión para vencer la resistencia de las paredes) y la dinámica (presión de velocidad), la sumatoria de los valores de la presión estática más la dinámica nos arroja la presión total (McPherson, 2016).

En la figura 1, se puede apreciar la curva de trabajo de un ventilador. El color azul representa la presión de trabajo del ventilador, la curva negra discontinua representa la eficiencia de trabajo y la línea roja es la potencia que genera el motor según la presión a la que esté trabajando.

En la curva de presión podemos visualizar los puntos A, B, C, D y E; si en caso el ventilador trabajase entre el rango del punto A y B significaría que es el óptimo, siendo el punto C es que mayor eficiencia nos arrojaría. Por debajo del punto B, disminuye la eficiencia, caso contrario si nos encontramos por encima del punto A, nos estaríamos acercando a la zona de ahogamiento (llamado también stall) entre el tramo de D y E, lo cual afectaría negativamente la eficiencia del ventilador consumiendo mayor potencia el motor y reduciendo la vida útil hasta el punto de poder dejar de funcionar (McPherson, 2016).

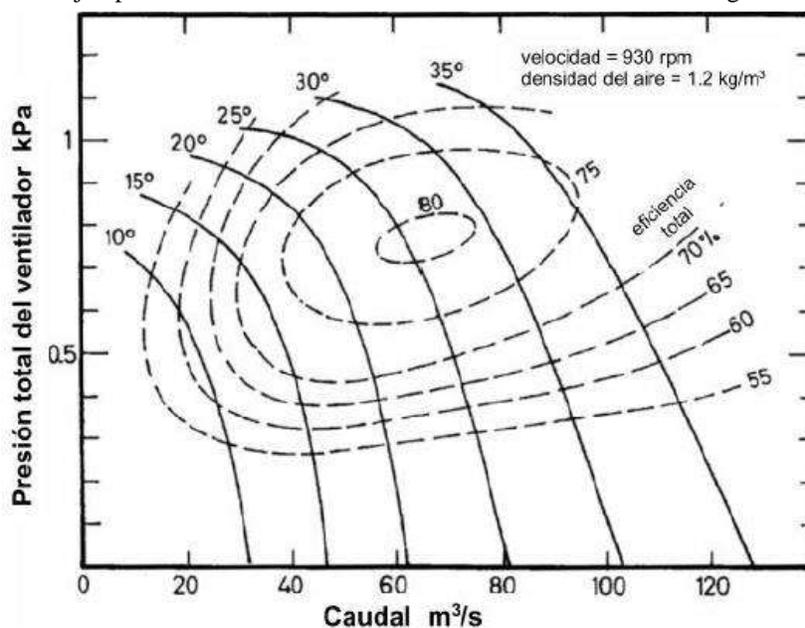
Figura 1 . Curva de presión, eficiencia y potencia de un ventilador



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

Es posible cambiar el ángulo de los álabes de los ventiladores ya sea que se encuentren apagados o en funcionamiento, la mayoría de ellos se les cambia cuando están apagados en el taller de mantenimiento en cambio los otros para que se puedan modificar en funcionamiento necesitan de un sistema automático de control. Al cambiar los álabes del ventilador a un grado distinto nos arrojará curvas variadas como se aprecia en el ábaco 1 (McPherson, 2016).

Ábaco 1. Ejemplo de curvas características de un ventilador axial con ángulo de paleta variable



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

2.3.2. Integración de ventiladores

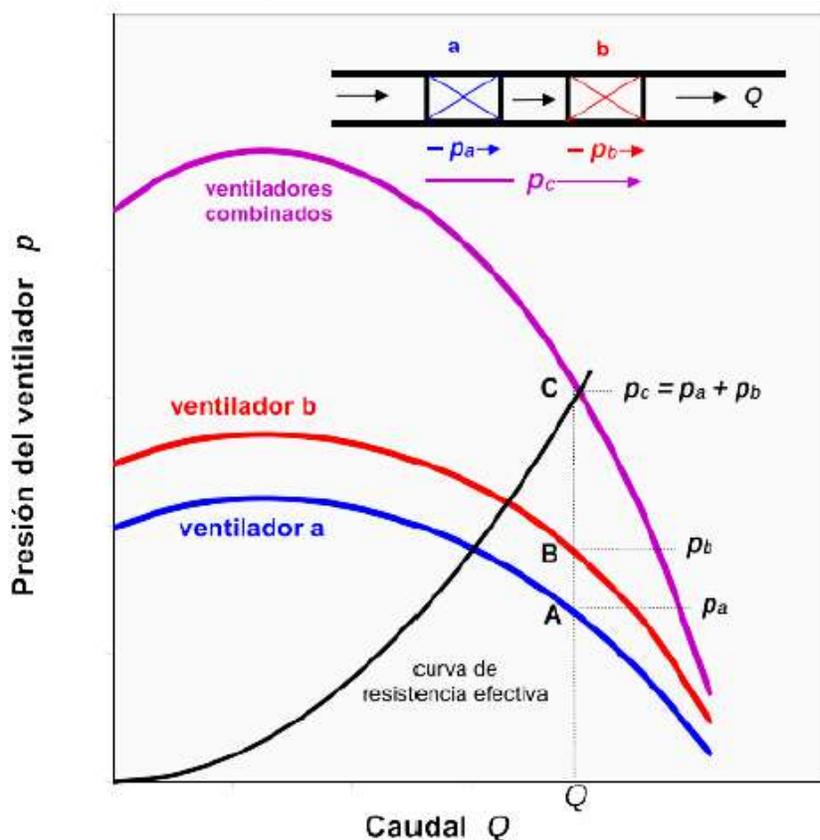
En situaciones en donde la ventilación requiera de mayor caudal de aire de entrega o de mayor presión total, se tendrá que instalar ventiladores en serie (llamado también en cola) o por otra parte colocarlos en paralelo, dependiendo de lo que se requiera (McPherson, 2016).

a) Enseriado de dos o más 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 2, 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).

Figura 2. Enseriado de dos ventiladores

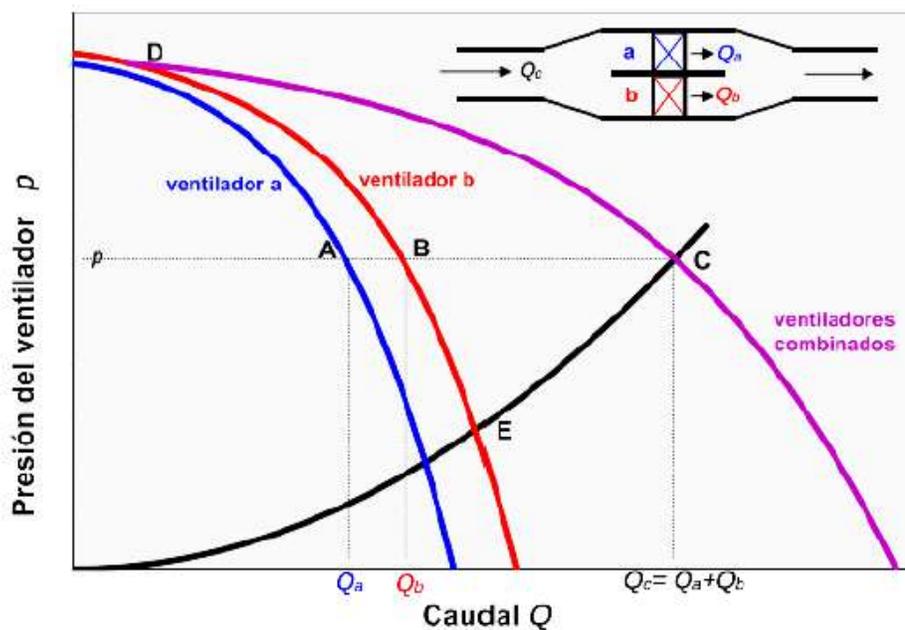


Fuente: Ingeniería de Ventilación Subterránea, Malcolm J. McPherson, 2016

b) Instalación de dos o más ventiladores en paralelo

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 3 el caudal total sería a sumatoria del caudal de la curva (A) más el caudal de (B) (McPherson, 2016).

Figura 3. Instalación de dos ventiladores en paralelo



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

2.3.3. Pérdidas de carga de un circuito de ventilación

Según McPherson “Las pérdidas de carga en el circuito de ventilación se clasifican en pérdidas por fricción, pérdidas por choque y pérdidas por velocidad” (2016).

a) Pérdidas por fricción

Es la pérdida de la energía que genera desplazar el aire por medio de un conducto ya sea este, una labor minera o un ducto de cualquier material, además de ello dependerá también su valor de acuerdo con las condiciones físicas como el tamaño, longitud, forma del ducto, velocidad y densidad del aire. Los cuales se aplican en la "Ley de Atkinson" (McPherson, 2016).

$$P = \frac{KCL(V^2)}{A}$$

Dónde:

P: Caída de presión (Pa).

K: Factor de fricción de la tubería.

C: Perímetro del ducto (m).

L: Longitud del túnel (m).

Q: Caudal de aire (m³/s)

V: Velocidad (m/s).

A: Área del ducto (m²).

Sabiendo: $Q = VA$

La fórmula anterior, se expresar como:

$$P = \frac{KCL(Q^2)}{A^3}$$

b) Pérdidas por choque

Es la pérdida de la energía por la acción del golpe del aire o liquido al encontrarse con una curva, bifurcación, reducción y ampliación del medio que lo transporta. Este fenómeno es mucho más notorio cuando se usan ductos o mangas de ventilación acoplado al ventilador.

La sumatoria de la perdida de fricción más la de choque nos arroja la presión estática (McPherson, 2016).

:

$$P_x = \epsilon \frac{\rho(V^2)}{2}$$

Dónde:

Px: Pérdida por choque (Pa).

ρ : Densidad del aire (kg/m³).

ϵ : Coeficiente de pérdida del elemento, valor obtenido experimentalmente

V: Es la velocidad del aire en el conducto (m/s).

c) Pérdidas por presión de velocidad

Esta pérdida representa la presión que ejerce el aire en un sentido longitudinal,

Y se ve reflejado en los sistemas auxiliares donde el ventilador va con la manga de ventilación, y a la salida de la manga se encuentra este tipo de pérdidas, también se puede observar en la salida del ventilador extractor en sistemas principales y secundarios. Estas pérdidas de velocidad se deben de añadir al sistema de ventilación y se calculan mediante la formula siguiente: (McPherson, 2016).

$$P_D = \frac{\rho(V^2)}{2}$$

Dónde:

P_D : Caída de presión (Pa).

ρ : Densidad del aire (kg/m³).

V: Velocidad del aire en el conducto (m/s).

2.3.4. Ventiladores

Un ventilador es una máquina que brinda energía a un fluido (aire o gases), generando un impulso continuo en el aire o gas para desplazarlo en un sentido deseado. Esto gracias a la ayuda de un motor y sus accesorios para poder ser impulsado o absorbido el fluido. Estos ventiladores cuentan con una curva de operación o también llamado curva característica que puede variar en función del ángulo de posicionamiento de los álabes del ventilador, y la intersección entre la resistencia del circuito y la curva característica es el punto de operación del ventilador. (Zitrón, 2010).

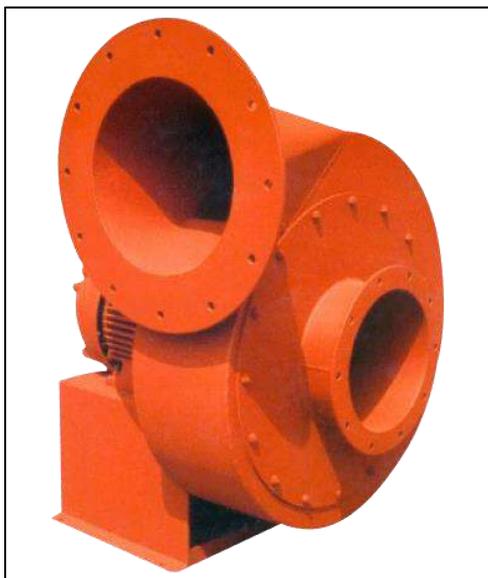
2.3.4.1. Clasificación de los ventiladores

Con la mejora de la ciencia aerodinámica, los ventiladores axiales tomaron mayor énfasis y a la actualidad son los más usados a nivel mundial, ya que mueven grandes caudales de aire en minas subterráneas. Los ventiladores centrífugos son comúnmente empleados en sistemas de ventilación industrial debido a su capacidad para generar presiones elevadas con caudales de aire moderados. En términos generales, los ventiladores se dividen en tres categorías: los de hélice, axiales y centrífugos. Cada uno de estos tipos se pueden disponer con variedad de posiciones de descarga y diferentes ángulos del álabe. (Zitrón, 2010).

a) Ventilador centrífugo.

El diseño del ventilador centrífugo implica un rotor ubicado en el interior de una carcasa en espiral; el aire es aspirado por el rotor a través de la abertura de admisión y luego expulsado hacia la salida del ventilador. Son ventiladores de flujo radial. La dirección del fluido sigue la dirección del eje del rodete a la entrada y está perpendicular al mismo a la salida. (Zitrón, 2010).

Figura 4. Ventilador Centrifugo



Fuente: Productos AIRTEC / <https://www.airtec.com.pe/>

b) Ventilador Neumático

Este tipo de ventilador se compone de un rodete alojado dentro de un anillo o carcasa de montaje. El flujo de aire sigue la misma dirección que la flecha del ventilador. Se emplea para desplazar aire en sistemas con una resistencia mínima, siendo especialmente útil en entornos mineros donde la energía eléctrica puede ser limitada debido a diversas circunstancias. Tiene una turbina interior directa unida a los alabes lo cual permite una mejor transferencia de potencia y una buena eficiencia (Zitrón, 2010).

Figura 5. Ventilador de Hélice Tipo Neumático



Fuente: Productos AIRTEC / <https://www.airtec.com.pe/>

c) Ventilador axial

El ventilador axial, caracterizado por su diseño aerodinámico, se compone principalmente de un rotor contenido dentro de una envolvente cilíndrica o carcasa. La inclusión de álabes guía tras el rotor convierte al ventilador turbo-axial en un ventilador axial con álabes guía. Este tipo de ventilador opera eficientemente en un amplio rango de volúmenes de aire y puede manejar presiones estáticas desde bajas hasta moderadamente altas. Además, posee la capacidad de generar mayores presiones estáticas que un ventilador centrífugo, al mismo tiempo que exhibe una mayor eficiencia en su funcionamiento. Los álabes-guía, en la succión o en la descarga, o en

ambas partes, se han adicionado para enderezar el flujo del aire fuera de la unidad a la vez que son necesarios para el diseño. (Zitrón, 2010)

Figura 6. Ventilador Axial



Fuente: Productos AIRTEC / <https://www.airtec.com.pe/>

2.3.5. Propiedades térmicas de rocas y fluidos

Para calcular la combustión en el yacimiento o la inyección de vapor y/o agua caliente, es necesario tener información sobre las propiedades térmicas específicas de las rocas y los fluidos presentes. Aunque en muchos cálculos estas propiedades se consideran constantes, la realidad es que ellas dependen de temperatura en la mayoría de los casos (McPherson, 2016).

Entre las propiedades térmicas de rocas se incluyen calor específico, capacidad calorífica de rocas secas y saturadas con agua, petróleo y/o gas, y conductividad térmica. Las propiedades térmicas más importantes de los fluidos, desde el punto de vista de recuperación térmica son:

- Viscosidad
- Densidad
- Calor específico
- Conductividad Térmica

2.3.5.1. Viscosidad

La viscosidad es un factor crucial en los procesos de recuperación térmica. Por lo general, la viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta, y esta disminución es más pronunciada en líquidos más viscosos. En operaciones de recuperación térmica existen tres métodos de uso común para correlacionar viscosidad y temperatura. (McPherson, 2016).

2.3.5.2. Densidad del petróleo

La densidad del petróleo en función de temperatura varía considerablemente de petróleo a petróleo y debe ser determinada experimentalmente (McPherson, 2016).

2.3.5.3. Calor específico

Se define como el calor específico de una sustancia, a la cantidad de calor requerida para aumentar en un grado la temperatura de la unidad de masa de dicha sustancia, específicamente entre (60-61) °F (McPherson, 2016).

2.3.5.4. Conductividad térmica

Se refiere a la facilidad con la cual una sustancia permite el flujo de calor a través de ella. K en la nomenclatura se expresa normalmente, en BTU/hr-pie-°F (McPherson, 2016).

2.4. Marco Conceptual

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

Presión estática (PE): Es la presión potencial que un fluido ejerce en todas las direcciones cuando está en reposo. Cuando el fluido está en movimiento, esta presión se mide en la dirección perpendicular al flujo, indicando la tendencia del fluido a expandirse o contraerse dentro del conducto.

Factor de corrección por densidad: Es la relación entre la densidad actual del aire en una situación específica y la densidad estándar del aire.

Eficiencia de la red: Es el grado de eficacia o proporción 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: El punto en el que la curva del ventilador cruza la resistencia del circuito (P, Q) indica el estado operativo del ventilador.

Resistencia de la red: Es la acumulación total de todos los elementos que obstaculizan el flujo de un volumen de aire, determinada por el tamaño de la sección de la labor y las características de sus paredes, conocidas como factores de fricción y choque, expresados en Ns^2/m^8 .

Presión Total (PT): Es la combinación aritmética de las presiones estática y dinámica, con los resultados presentados en unidades de medida imperiales, como pulgadas de columna de agua ("C.A.).

2.5. Marco Contextual

2.5.1. Ubicación

La mina MARSA se halla situado en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, La provincia de Pataz se encuentra en el departamento de La Libertad, ubicada en las laderas orientales de la cuenca hidrográfica del Marañón, en la región norte de la Cordillera Central. Sus coordenadas geográficas son:

Latitud Sur: 08°02’

Altitud: 3,900 m.s.n.m.

Mapa 1. Ubicación geográfica – U.M. “San Andrés” – MARSA.



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

2.5.2. Clima

El clima es principalmente frío, típico de la zona de Puna o Jalca; se pueden identificar dos estaciones climáticas claramente definidas: una con lluvias constantes de noviembre a abril, y otra más seca durante el resto del año.

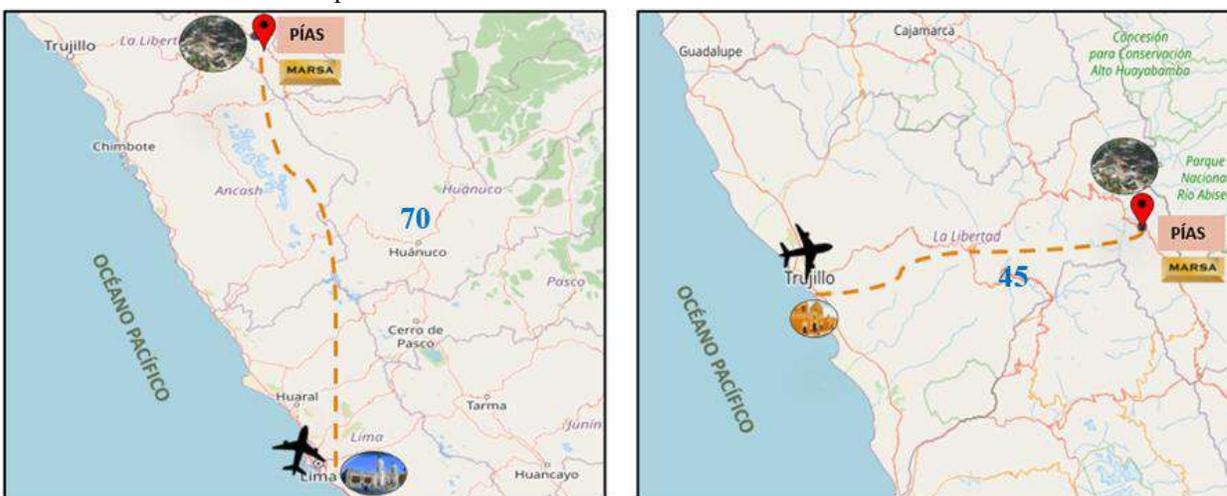
2.5.3. Accesibilidad

Tabla 2 Rutas de acceso a la mina

POR CARRETERA		
Tramo	Distancia	Estado
Lima – Trujillo	562 km	Asfaltado
Trujillo – Chugay	230 km	Asfaltado
Chugay - Mina MARSÁ	181 km	Trocha carrozable
Pías – Mina MARSÁ	120 minutos	Trocha carrozable
POR VÍA AÉREA		
Tramo	Tiempo	Tipo de vuelo
Lima – Pías	70 minutos	Charter
Trujillo – Pías	45 minutos	Comercial

Fuente: Elaboración propia

Mapa 2. Acceso a la mina – U.M. “San Andrés” – MARSÁ.



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

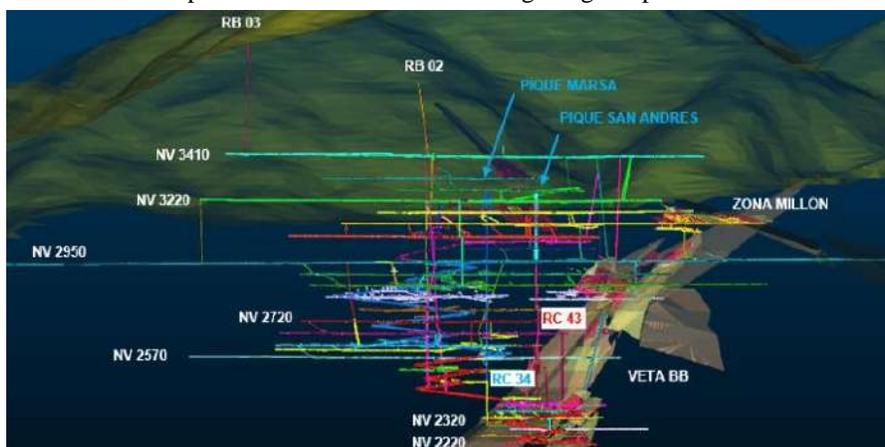
2.6. Geología

2.6.1. Geología local

Incluye una secuencia litológica que abarca desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, ordenada desde las rocas más antiguas hasta las más recientes. El Complejo Marañón, que se remonta al Precámbrico y abarca desde el Cámbrico hasta el Ordovícico, está compuesto por pizarras oscuras y filitas grisáceas, con intercalaciones de esquistos y metavolcánicas. Estas rocas se encuentran expuestas en el lado noreste del Batolito de Pataz, donde actúan como las rocas en las que se aloja un nuevo sistema de mineralización que se extiende en dirección noreste-suroeste con una inclinación hacia el noroeste. El Batolito de Pataz, del Carbonífero, posiblemente consiste en más de un tipo de roca plutónica; entre ellas, la facie de granito-granodiorita se considera la más propicia para la formación de estructuras mineralizadas.

Las formaciones rocosas sedimentarias que se encuentran al suroeste del Batolito de Pataz comprenden la Formación Crisnejas, que abarca desde el Cretácico inferior hasta el superior, y está compuesta principalmente por margas y calizas. Además, se observa la presencia de la Formación Chota, del Cretácico inferior al superior, caracterizada por la presencia de areniscas rojas y conglomerados.

Mapa 3. Vista unifilar de las vetas geológicas por niveles.



Fuente: Área de geología – U.M. “San Andrés” – MARSA.

2.6.2. Reservas probadas y probables

La cantidad de reservas totales en la unidad es de: 2,923,200 TMS.

Tabla 3. Reservas anualizado

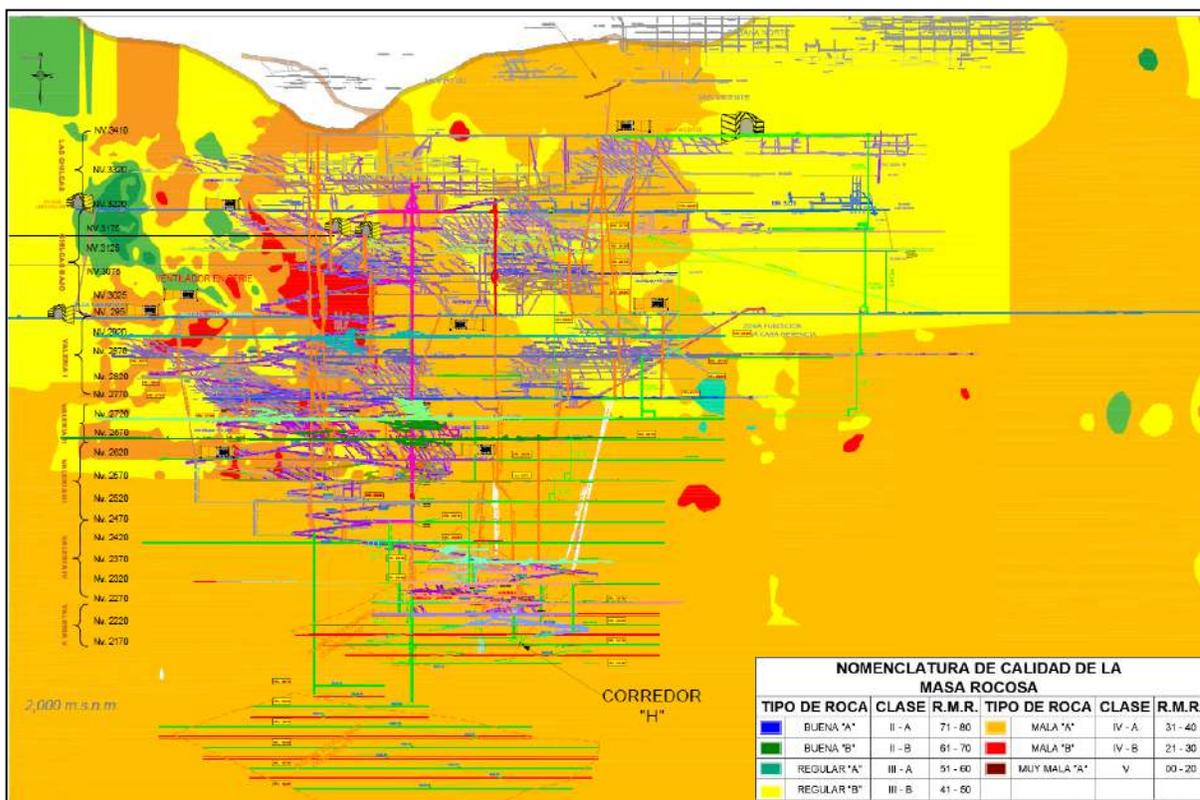
Producción Mina	Unid	Periodo (Años)							
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Anual	TMS	417,600	382,800	382,800	348,000	348,000	348,000	348,000	348,000
Mensual	TMS	34,800	31,900	31,900	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000
Diario	TMS	1,200	1,100	1,100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Área de geología – U.M. “San Andrés” – MARSA.

2.6.3. Geomecánica

Según el plano geo mecánico, el tipo de roca predominante es regular “III-B” y mala “IV-A”.

Plano 1. Plano de zonificación longitudinal global – U.M. “San Andrés” – MARSA.



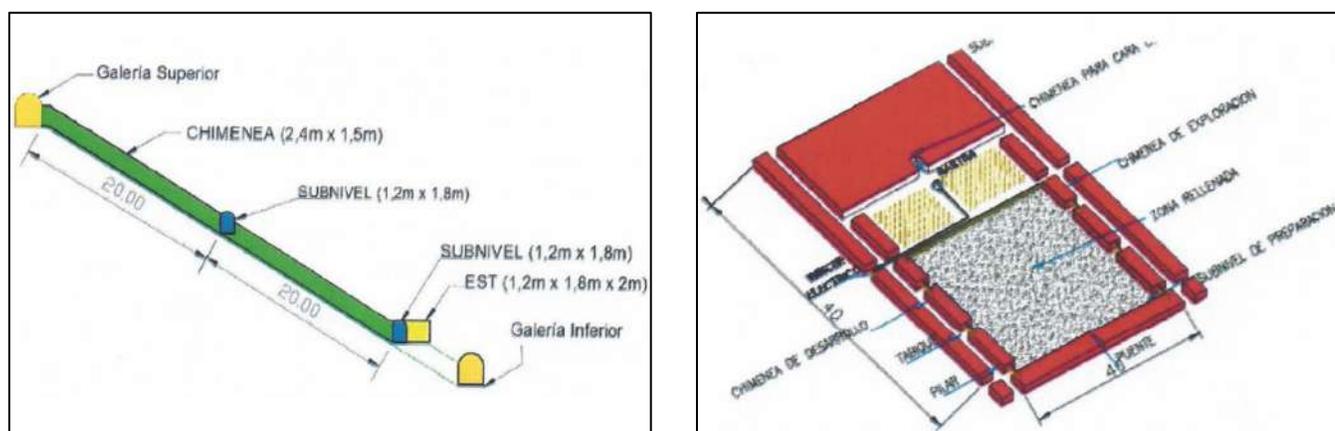
Fuente: Área de geomecánica – U.M. “San Andrés” – MARSA.

2.7. Producción Mina

La mina produce 1200 TMSD. Los principales métodos de explotación son: corte y relleno ascendente y el long wall (convencional), se cuentan con explotación convencional y mecanizado, para restablecer el macizo rocoso se usa el relleno hidráulico de alta densidad.

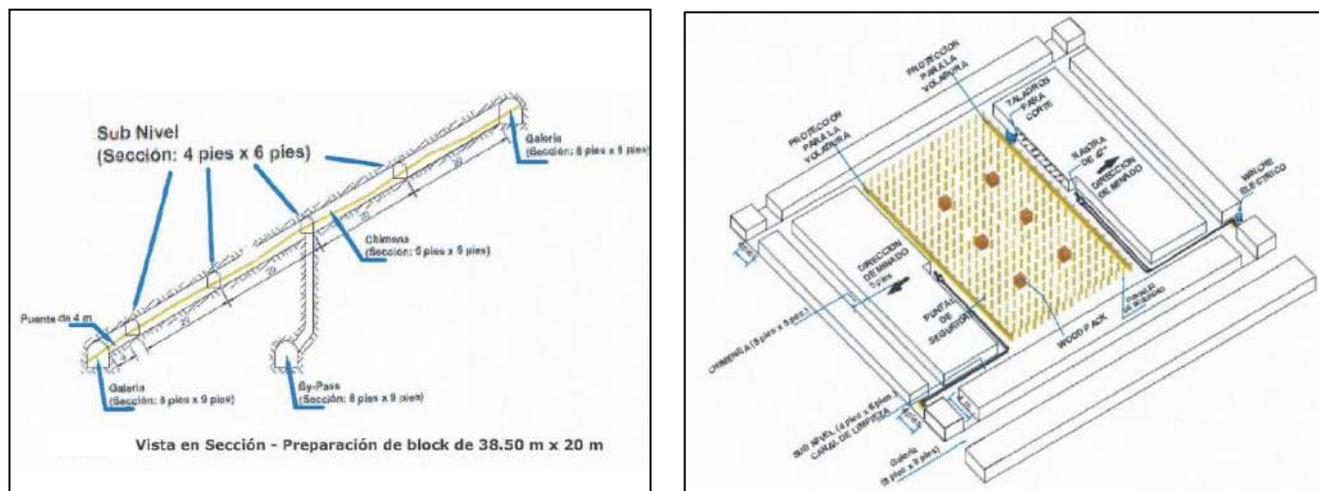
A continuación, se muestran los estándares y dimensiones de los blocks para la secuencia de minado aplicando los principales métodos de explotación.

Figura 7. Vista transversal método de explotación por corte y relleno ascendente.



Fuente: Área de planeamiento – U.M. “San Andrés” – MARSA.

Figura 8. Vista transversal Método de explotación por Long Wall con puntales.



Fuente: Área de planeamiento – U.M. “San Andrés” – MARSA.

2.8. Información administrativa

La mina cuenta con 02 guardias de trabajo al día; la 1ra guardia día ingresa a las 11:00 am hasta las 8:00 pm, la guardia noche ingresa a las 11:30 pm hasta las 7:15 am

En total se cuentan con 767 trabajadores en la guardia día y 754 personas en la guardia noche.

- a. Para la guardia de día: Chispeo 8:30 pm y el Ingreso: 11:30 pm.
- b. Para la guardia de noche: Chispeo 7:45 am y el ingreso: 11:00 am.

CAPITULO III

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

3.1 Sistema de ventilación actual

El sistema de Ventilación actual de la U.M. San Andrés está compuesto de 04 circuitos o ejes principales de ventilación (Zona San Vicente y Chilcas, Zona Valeria I, Zona Valeria II y III, y Zona Valeria IV y V) de las cuales se hacen mención sus circuitos de aire de ingreso y salida, su requerimiento de aire zonal, balance y cobertura de aire:

3.1.1 Zona San Vicente y Chilcas:

Esta zona cuenta con 05 ingresos de aire fresco: la vía de ingreso de aire fresco se da en el NV 3220 por la BM Las Chilcas, en el NV 3175 por la RP 10762-S, en el NV 3125 por la RP 10517-S, en el NV 3050 por la RP 10144-SE y en el NV 2950 por el INCL Cabana-2H, y 05 salidas de aire viciado: siendo la salida principal en el NV 3410 por la BM San Vicente, en el NV 3125 por la CC 6, en el NV 2950 por la RP 10193-SE, en el NV 2950 por la PQ ANDRES y en el NV 2950 INCL Esperanza.

Tabla 4. Ingreso de aire de la Zona San Vicente y Chilcas

INGRESO DE AIRE (Qi)			
Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
3220	BM Las Chilcas	455	16,058
3175	RP 10762-S	880	31,084
3125	RP 10517-S	248	8,762
3050	RP 10144-SE	243	8,592
2950	INCL CABANA 2H	623	22,004
Total		2,449	86,500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Salida de aire de la Zona San Vicente y Chilcas

SALIDA DE AIRE (Qs)			
Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
3410	BM SAN VICENTE	1,112	39,256
3125	CC 6	323	11,391
2950	RP 10193-SE	75	2,644
2950	PQ ANDRES	914	32,294
2950	INCL ESPERANZA	112	3,943
Total		2,536	89,528

Fuente: Elaboración propia

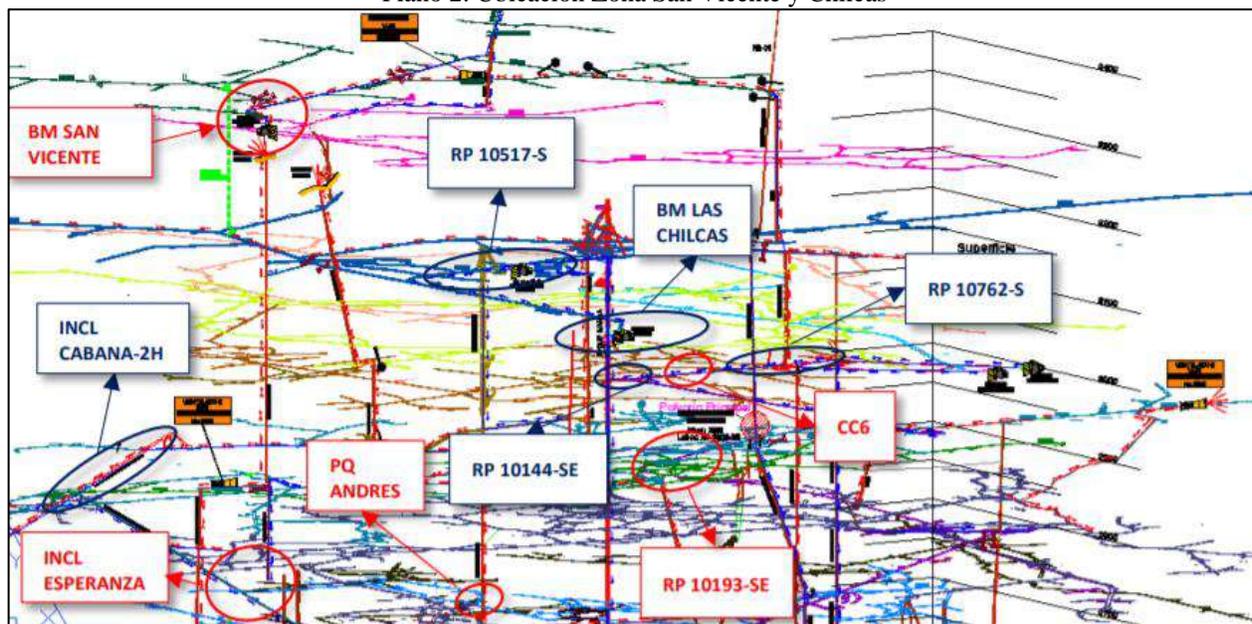
El caudal de aire fresco que ingresa a esta zona es de 86,500 cfm y el de salida es de 89,528 cfm, incrementándose en 3,028 cfm (desbalance) esto ocurre porque el aire que ingresa se encuentra a temperaturas bajas y sus moléculas están más comprimidas, en cambio al momento de enviar ese aire frío a las labores de trabajo, se incrementa la temperatura del aire por la interacción con los equipos petroleros, personas y la roca, provocando que las moléculas de aire se expandan, es por ello que el caudal de salida del aire es mayor al de ingreso de aire fresco.

Tabla 6. Balance de aire - Zona San Vicente y Chilcas

Resumen	m ³ /min	Caudal (cfm)
Total ingreso	2,449	86,500
Total salida	2,536	89,528
Desbalance	-86	3,028
Diferencia porcentual		3.50%

Fuente: Elaboración propia

Plano 2. Ubicación Zona San Vicente y Chilcas



Fuente: Elaboración propia

3.1.1.1. Cálculo del Requerimiento de aire Zona San Vicente y Chilcas

a) Requerimiento de aire para personal (QTr)

Según el Decreto Supremo DS – 024-2017-EM. Tenemos los siguientes estándares.

- De 0 a 1,500 msnm será igual a 3 m³/min
- De 1,500 a 3,000 msnm se incrementará en 40% que será igual a 4 m³/min
- De 3,000 a 4,000 msnm se incrementará en 70% que será igual a 5 m³/min
- Sobre los 4,000 msnm se incrementará en 100% que será igual a 6m³/min

Para determinar el caudal de aire de la Zona Chilcas se multiplica el requerimiento por persona que tiene como factor 5m³/min debido a que la unidad minera se encuentra dentro de este rango. En la siguiente tabla se detalla la cantidad de personas que trabajan en esta zona.

$$QTr = \text{Número de personas} \times \text{Factor}$$

$$QTr = 64 \times 5$$

$$QTr = 320 \text{ m}^3/\text{min} = 11,276 \text{ cfm}$$

Tabla 7. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona San Vicente y Chilcas

Ítem	Descripción	N° Personas/ guardia	Requerimiento aire/persona	Caudal m ³ /min	Caudal cfm	Parcial %
1	CONFIPETROL	18	5	90	3,178	28.2%
2	CONINSA	8	5	40	1,413	12.5%
3	LINEA	4	5	20	706	6.3%
4	RECONOCIMIENTO	6	5	30	1,059	9.4%
5	TAURO	26	5	130	4,591	40.7%
Sub Total		62		310	10,948	97.1%
Contingencia (3%)		2	5	10	328	2.9%
QTr		64	-	320	11,276	100%

Fuente: Elaboración propia

b) Requerimiento de aire para Equipos a petróleo (QEq)

Según el reglamento del DS-023-2017-EM. El caudal requerido para equipos a diésel está dado por la siguiente ecuación:

$$Qeq = 3 \times HP \times D.M. \times F.U. \text{ (m}^3 \text{ /min)}$$

Donde: Qeq = Volumen de aire necesario para la ventilación (m³ /min);

HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs);

D.M. = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%);

F.U. = Factor de utilización promedio de los equipos (%)

$$Q_{eq} = \text{Potencia total} \times \text{Factor} \times \text{D.M.} \times \text{F.U.}$$

$$Q_{eq} = (3 \times 379 \times 0.87 \times 0.76) + (3 \times 135 \times 0.95 \times 0.3)$$

$$Q_{eq} = 868 \text{ m}^3/\text{min} = 30,642 \text{ cfm}$$

En esta zona al estar cerca a la bocamina principal los volquetes hacen cola afuera de la bocamina y solamente un volquete es el que ingresa a esta zona para extraer el mineral, una vez que sale el volquete ingresa el que se encuentra afuera para seguir la extracción. Por ello en la tabla se especifica solamente un volquete ya que éste se encuentra en interior mina y nunca debe de haber 2 volquetes en esta zona, con el fin de evitar mayor contaminación del aire limpio.

Tabla 8. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona San Vicente y Chilcas

Ítem	Descripción/ Servicios	Equipo	Cantidad	Potencia Nominal HP	F.A. %	Potencia Efectiva HP	D.M. %	F.U. %	QEq m ³ /min	Caudal cfm	Parcial %
1	Equipo de transporte (01)	Volquete N° 150	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	87%
2	Transporte Supervisión (01)	Camioneta	1	171	79%	135	95%	30%	116	4,079	13%
TOTAL			2	651		514			868	30,642	100%

Fuente: Mantenimiento Mina – U.M. “San Andrés” – MARSA.

c) Requerimiento de caudal por consumo de madera (QMa)

Por la calidad de la roca que tenemos en interior mina usaremos madera como sostenimiento de las paredes rocosas.

Tabla 9. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona San Vicente y Chilcas

Producción de mineral TMH/g	Factor Producción m ³ /min	QMa cfm	Consumo de madera TM/g	Producción de mineral TMH/g
168	0.00	0.00	18	168
			10.71%	100%

Fuente: Elaboración propia

d) Requerimiento por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

Para obtener el requerimiento de caudal por temperatura se multiplica el área de la sección de las labores por la velocidad requerida (Vm) por el número de niveles a ventilar, según el reglamento del DS-023-2017-EM.

$$QTe = A \times Vm \times \text{Numero de niveles a ventilar}$$

Donde:

QTe = Caudal por temperatura (m³/min);

Vm = Velocidad mínima;

A = Área de la labor promedio;

N = Número de niveles con temperatura mayor a 23°C.

Tabla 10. Velocidad mínima

VELOCIDAD MINIMA	
Temperatura seca (°)	Velocidad Mínima (m/min)
<24	0.00
24-29	30.00

Fuente: DS 024 2017 EM

En esta zona que se encuentra cerca a la bocamina principal los niveles se encuentran con temperaturas menores a 23°C, por ello es por lo que no se incrementa un caudal por temperatura ya que las condiciones son favorables para que el trabajador pueda desempeñarse normal.

$$QTe = A \times Vm \times \text{Numero de niveles a ventilar}$$

$$QTe = 9.24 \times 30 \times 0$$

$$QTe = 0 \text{ m}^3/\text{min}$$

Tabla 11. Requerimiento por temperatura

Descripción	Valor	Unidad
Temperatura °C	24 a 29	°C
N° Niveles	0	>23°C
Velocidad Mínima (Vm)	30	m/min
Área (Promedio)	9.24	m ²
QTe	0	cfm

Fuente: Elaboración propia

e) Caudal requerido por fugas (QFu)

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

Donde:

QT1 = Subtotal de requerimiento de caudal de aire (cfm);

QFu = Caudal de aire por fugas (cfm);

QTo = Caudal de aire requerido total (cfm).

$$QT1 = 11,276+0+0+30,642 = 41,918 \text{ cfm}$$

$$QFu = 0.15 \times QT1$$

$$QFu = 6,288 \text{ cfm}$$

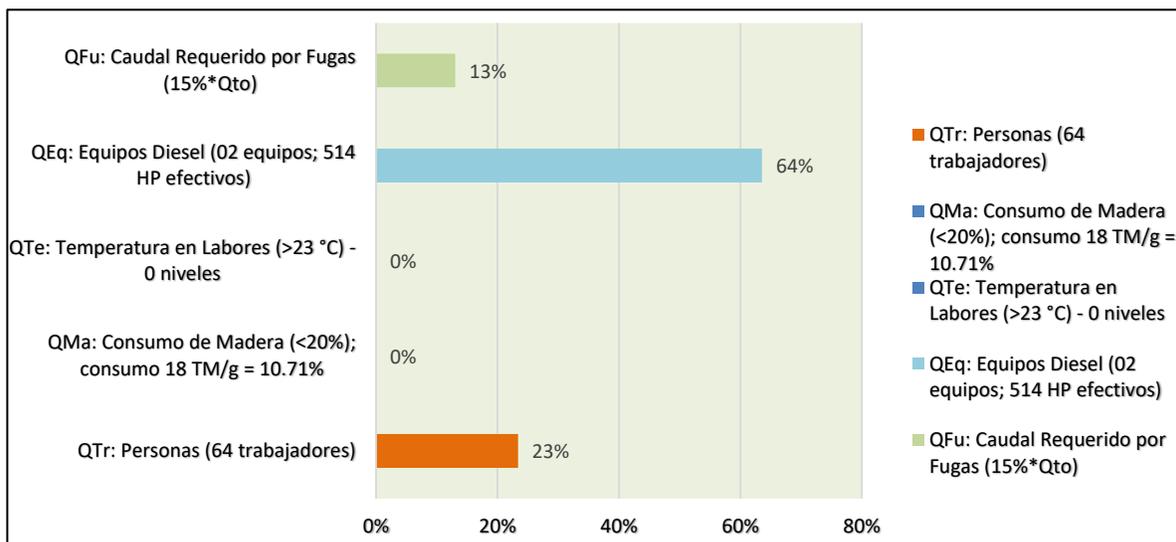
f) Caudal requerido total (QTo)

Tabla 12. Distribución de Requerimientos en la Zona San Vicente y Chilcas

Distribución de Requerimientos	m ³ /min	cfm
QTr: Personas (64 trabajadores)	319	11,276
QMa: Consumo de Madera (<20%); consumo 18 TM/g = 10.71%	0	0
QTe: Temperatura en Labores (>23 °C) - 0 niveles	0	0
QEq: Equipos Diesel (02 equipos; 514 HP efectivos)	868	30,642
Caudal Requerido QT1 = QTr + QMa + QTe + QEq	1,187	41,918
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%*QT1)	178	6,288
Caudal Requerido QTo = QT1 + QFu	1,365	48,206

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Distribución global de Requerimiento de aire en la Zona San Vicente y Chilcas



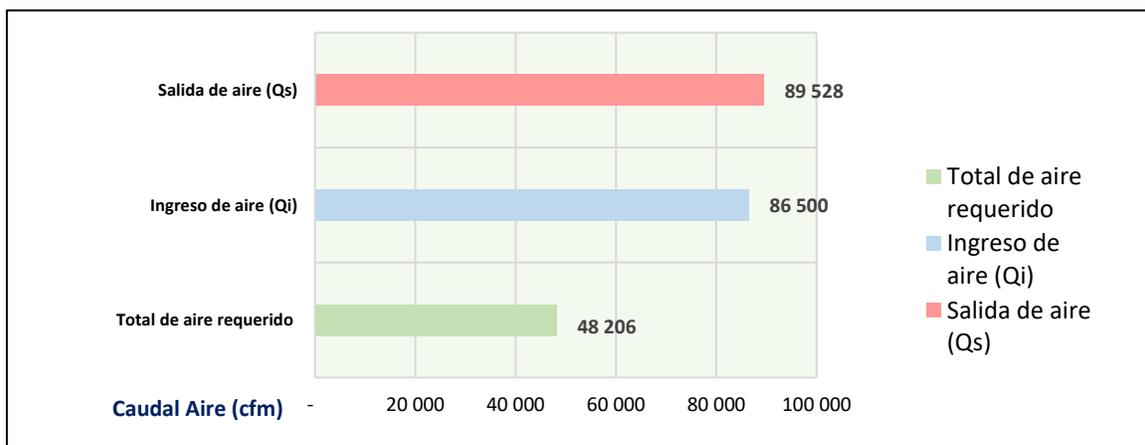
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Cobertura de aire en la Zona San Vicente y Chilcas

Caudal de aire	m3/min	cfm
Total aire requerido (QTo)	1,365	48,206
Ingreso de aire (Qi)	2,449	86,500
Cobertura (%)	179%	
Superávit (cfm)	38,294	

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Distribución de aire en la Zona San Vicente y Chilcas



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Zona Valeria I

Esta zona cuenta con 03 ingresos de aire fresco: la vía de ingreso de aire fresco se da por el NV 2920 por la RP PATRICK, en el NV 2920 por el PQ MARSA y en menor cantidad por el NV 2870 INCL 10266-W (Esperanza) y 03 salidas de aire viciado: en el NV 2920 por la INCL Cabana-2H, en el NV 2920 por el RC 31 y en el NV 2770 por el RB 11 de donde se extrae a través de un Ventilador Principal de 110 kcfm ubicado en el NV 2950.

Tabla 14. Ingreso de aire en la Zona Valeria I

INGRESO DE AIRE (Qi)			
Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
2920	RP PATRICK II	1,347	47,563
2920	PQ MARSA	177	6,250
2870	INCL 10266-W (ESPERANZA)	388	13,688
Total		1,912	67,500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Salida de aire en la Zona Valeria I

SALIDA DE AIRE (Qs)			
Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
2920	INCL CABANA 2H	196	6,923
2920	RC 31	344	12,134
2770	RB 11	1,420	50,131
Total		1,960	69,188

Fuente: Elaboración propia

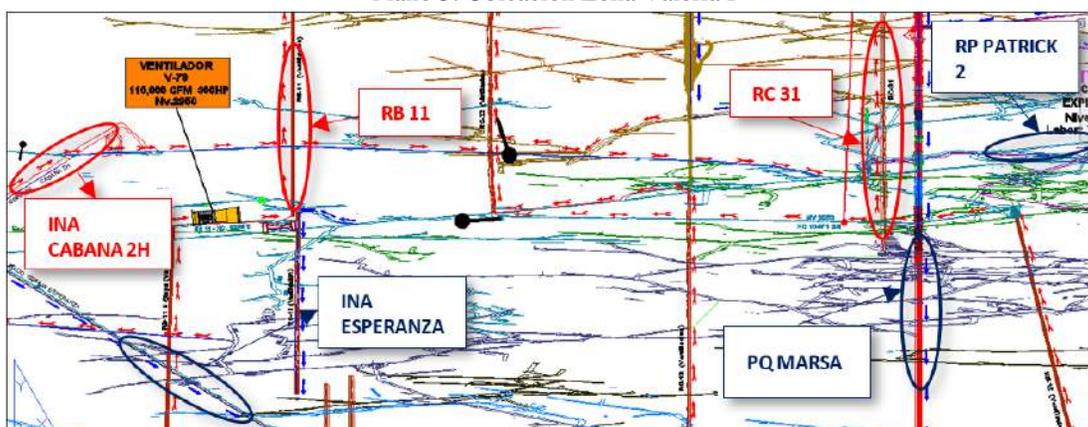
En resumen, entre los ingresos y salidas de aires existe un desbalance de 1,688 cfm.

Tabla 16. Balance de aire -Zona Valeria I

Resumen	m ³ /min	Caudal (cfm)
Total ingreso	1,912	67,500
Total salida	1,960	69,188
Desbalance	48	1,688
Diferencia porcentual		2.50%

Fuente: Elaboración propia

Plano 3. Ubicación Zona Valeria I



Fuente: Elaboración propia

3.1.2.1. Cálculo del Requerimiento de aire Zona Valeria I

a) Requerimientos de aires para personal (QTr)

Para determinar el caudal de aire de la Zona Valeria I se multiplica el requerimiento por persona que tiene como factor 5 m³/min debido a que la unidad minera se encuentra dentro de este rango. Según el reglamento del DS-023-2017-EM.

$$Q_{Tr} = \text{Número de personas} \times \text{Factor}$$

$$Q_{Tr} = 144 \times 5$$

$$Q_{Tr} = 716 \text{ m}^3/\text{min} = 25,280 \text{ cfm}$$

Tabla 17. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona Valeria I

Ítem	Descripción	N° Personas/ guardia	Requerimiento aire/persona	Caudal m3/min	Caudal cfm	Parcial %
1	CANCER	98	5	490	17,304	68.5%
2	LUCHITO	2	5	10	353	1.4%
3	LINEA	5	5	25	883	3.5%
4	RECONOCIMIENTO	7	5	35	1,236	4.9%
5	TAURO	27	5	135	4,767	18.9%
Sub Total		139		695	24,544	97.1%
Contingencia (3%)		5	5	21	736	2.9%
QTr		144	-	716	25,280	100%

Fuente: Elaboración propia

b) Requerimiento de aire para Equipos a petróleo (QEq)

Según el reglamento del DS-023-2017-EM. El caudal requerido para equipos a Diésel en la Zona Valeria I es 938 m3/min.

Tabla 18. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona Valeria I

Ítem	Descripción/ Servicios	Equipo	Cantidad	Potencia Nominal HP	F.A. %	Potencia Efectiva HP	D.M. %	F.U. %	QEq m3/min	Caudal cfm	Parcial %
1	Equipo de transporte	Volquete N° 144	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	80%
2	Servicios Auxiliares	Retroexcavadora	1	90	79%	71	78%	30%	50	1,763	5%
3	Transporte Supervisión	Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	14%
TOTAL			3	742		586			938	33,112	100%

Fuente: Mantenimiento Mina – U.M. “San Andrés” – MARSА.

c) Requerimiento de caudal por consumo de madera (QMa)

Por la calidad de la roca que tenemos en interior mina usaremos madera como sostenimiento de las paredes rocosas.

Tabla 19. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona Valeria I

Producción de mineral (TMH/g)	Factor Producción (m3/min)	QMa cfm	Consumo de madera TM/g	Producción de mineral TMH/g
224	0.00	0.00	24	224
			10.71%	100%

Fuente: Operaciones Mina – U.M. “San Andrés” – MARSА.

d) Requerimiento por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

$$QTe = A \times Vm \times \text{Numero de niveles a ventilar}$$

$$QTe = 9.24 \times 30 \times 2 \times 35.31466 = 19,584 \text{ cfm}$$

Tabla 20. Requerimiento por temperatura

Descripción	Valor	Unidad
Temperatura °C	24 a 29	°C
N° Niveles (*)	2	>23°C
Velocidad Mínima (Vm)	30	m/min
Área (Promedio)	9.24	m ²
QTe	19,584	cfm

Fuente: Elaboración propia

e) Caudal requerido por fugas (QFu)

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

$$QT1 = 25,280 + 0 + 19,584 + 33,112 = 77,976 \text{ cfm}$$

$$QFu = 0.15 \times QT1$$

$$QFu = 11,696 \text{ cfm}$$

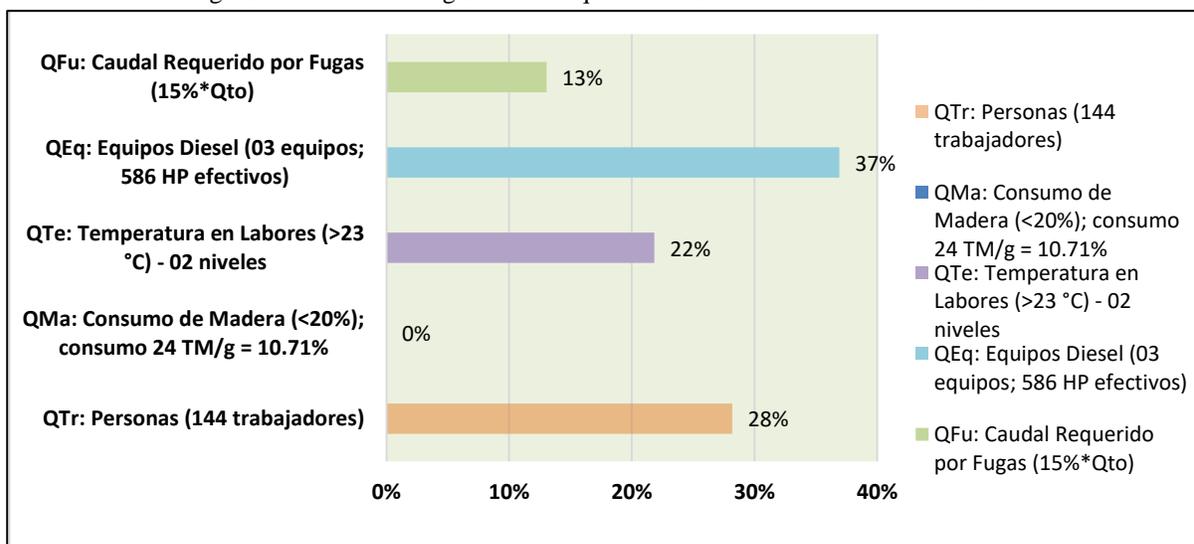
f) Caudal requerido total (QTo)

Tabla 21. Distribución de Requerimientos en la Zona Valeria I

Distribución Requerimientos	m ³ /min	cfm
QTr: Personas (144 trabajadores)	716	25,280
QMa: Consumo de Madera (<20%); consumo 24 TM/g = 10.71%	0	0
QTe: Temperatura en Labores (>23 °C) - 02 niveles	555	19,584
QEq: Equipos Diesel (03 equipos; 586 HP efectivos)	938	33,112
Caudal Requerido QT1 = QTr + QMa + QTe + QEq	2,208	77,976
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%*QT1)	331	11,696
Caudal Requerido QTo = QT1 + QFu	2,539	89,672

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Distribución global de Requerimiento de aire en la Zona Valeria I



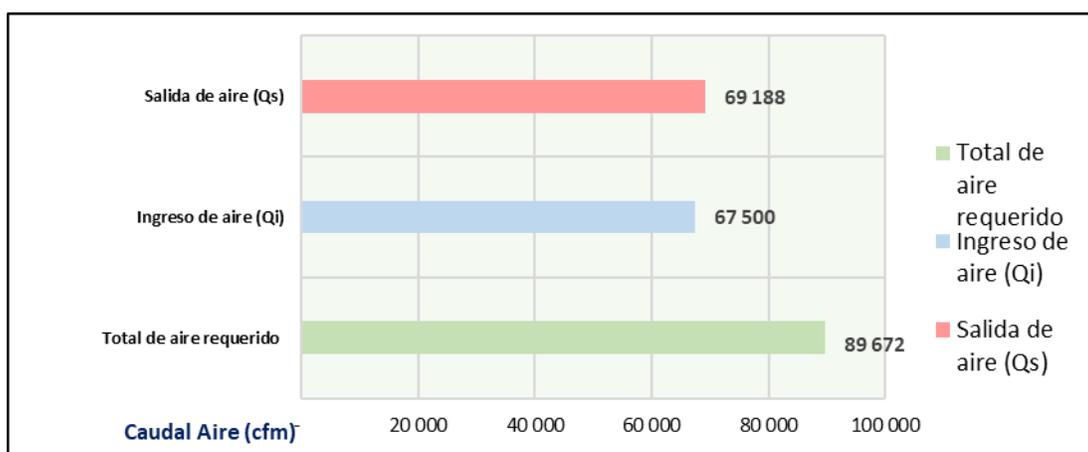
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Cobertura de aire en la Zona Valeria I

Caudal de aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	2,539	89,672
Ingreso de aire (Qi)	1,912	67,500
Cobertura (%)	75%	
Déficit (cfm)	-22,172	

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Distribución de aire en la Zona Valeria I



Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Zona Valeria II y III

En esta área se localizan dos puntos de entrada de aire fresco: uno en el NV 2720 a través de la ruta PATRICK y otro en el NV 2670 mediante la vía MARSA. Además, hay dos puntos de salida de aire viciado: uno en el NV 2420 a través de la RC 10 y otro en el NV 2620 a través de la RB 07, donde se encuentra ubicado el Ventilador Principal V-86 con una capacidad de 110 kcfm. Este ventilador conecta las galerías GAL 10433-S con el CX 10292-N del NV 2620.

Tabla 23. Ingreso de aire en la Zona Valeria II y III

INGRESO DE AIRE (Qi)			
Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
2720	RP PATRICK	4,964	175,292
2670	PQ MARSA	317	11,209
Total		5,281	186,500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Salida de aire en la Zona Valeria II y III

SALIDA DE AIRE (Qs)			
Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
2420	RC 10	3,050	107,702
2620	RB 07	2,390	84,393
Total		5,440	192,095

Fuente: Elaboración propia

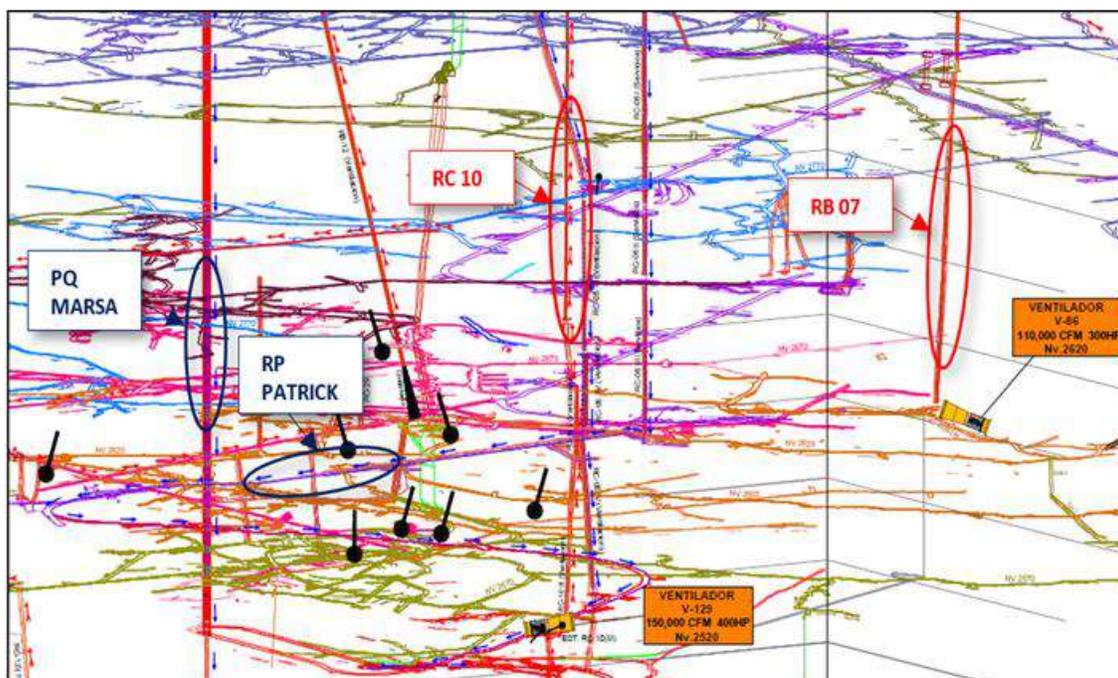
Tabla 25. Balance de aire - Zona Valeria II y III

Resumen	m3/min	Caudal (cfm)
Total ingreso	5,281	186,500
Total salida	5,440	192,095
Desbalance	159	5,595
Diferencia porcentual		3.0 %

Fuente: Elaboración propia

En resumen, entre los ingresos y salidas de aires existe un desbalance de 5,595 cfm (3%).

Plano 4. Ubicación Zona Valeria II y III



Fuente: Elaboración propia

3.1.3.1. Cálculo del Requerimiento de aire Zona Valeria II y III

a) Requerimientos de aires para personal (QTr)

$$QTr = \text{Número de personas} \times \text{Factor}$$

$$QTr = 254 \times 5$$

$$QTr = 1,267 \text{ m}^3/\text{m} = 44,740 \text{ cfm}$$

Tabla 26. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona Valeria II y III

Ítem	Descripción	Nº Personas/ guardia	Requerimiento aire/persona	Caudal m3/min	Caudal cfm	Parcial %
1	ALFA	125	5	625	22,072	49.3%
2	INSPECTORATE	55	5	275	9,712	21.7%
3	GEOTECNIA	26	5	130	4,591	10.3%
4	LINEA	4	5	20	706	1.6%
5	SODEXO	1	5	5	177	0.4%
6	MANNUCCI	1	5	5	177	0.4%
7	RECONOCIMIENTO	7	5	35	1,236	2.8%
8	TAURO	27	5	135	4,767	10.7%
	Sub Total	246		1,230	43,437	97.1%
	Contingencia (3%)	8	5	37	1,303	2.9%
	QTr	254	-	1,267	44,740	100%

Fuente: Elaboración propia

a) Requerimiento de aire para Equipos a petróleo (QEq)

Según el reglamento del DS-023-2017-EM. El caudal requerido para equipos a Diésel en la Zona Valeria II Y III es 2,474 m³/min.

Tabla 27. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona Valeria II y III

Ítem	Descripción/ Servicios	Equipo	Cantidad	Potencia Nominal HP	F.A. %	Potencia Efectiva HP	D.M. %	F.U. %	QEq m ³ /min	Caudal cfm	Parcial %
1	Perforación (01)	Jumbo BOOMER	1	73	84%	61	85%	35%	55	1,933	2%
2	Acarreo (02)	Scoop Diésel 2.2 yd ³	2	192	84%	161	91%	54%	238	8,396	10%
3	Equipo de transporte (02)	Volquete N° 161	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	61%
4		Volquete N° 162	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	
5	Servicios Auxiliares (03)	Mini CAT frontal	1	99	79%	78	90%	40%	84	2,983	16%
6		Grúa	1	150	79%	119	98%	45%	156	5,525	
7		Camioncito	1	140	79%	111	92%	54%	165	5,821	
8	Transporte	Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	11%
9	Supervisión (02)	Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	
TOTAL			10	1958		1,560			2,474	87,358	100%

Fuente: Mantenimiento Mina – U.M. “San Andrés” – MARSA.

b) Requerimiento de caudal por consumo de madera (QMa)

Por la calidad de la roca que tenemos en interior mina usaremos madera como sostenimiento de las paredes rocosas.

Tabla 28. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona Valeria II y III

Producción de mineral TMH/g	Factor Producción m ³ /min	QMa cfm	Consumo de madera TM/g	Producción de mineral TMH/g
149	0.00	0.00	16	149
			10.74%	100%

Fuente: Elaboración propia

c) **Requerimiento por temperatura en las labores de trabajo (QTe)**

$$QTe = A \times Vm \times \text{Numero de niveles a ventilar}$$

$$QTe = 9.24 \times 30 \times 4 \times 35.31466$$

$$QTe = 39,167 \text{ cfm}$$

Tabla 29. Requerimiento por temperatura

Descripción	Valor	Unidad
Temperatura °C	24 a 29	°C
N° Niveles	4	>23°C
Velocidad Mínima (Vm)	30	m/min
Área (Promedio)	9.24	m2
QTe	39,167	cfm

Fuente: Elaboración propia

d) **Caudal requerido por fugas (QFu)**

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

$$QT1 = 44,740 + 0 + 39,167 + 87,358$$

$$QT1 = 171,265 \text{ cfm}$$

$$QFu = 0.15 \times QT1$$

$$QFu = 25,690 \text{ cfm}$$

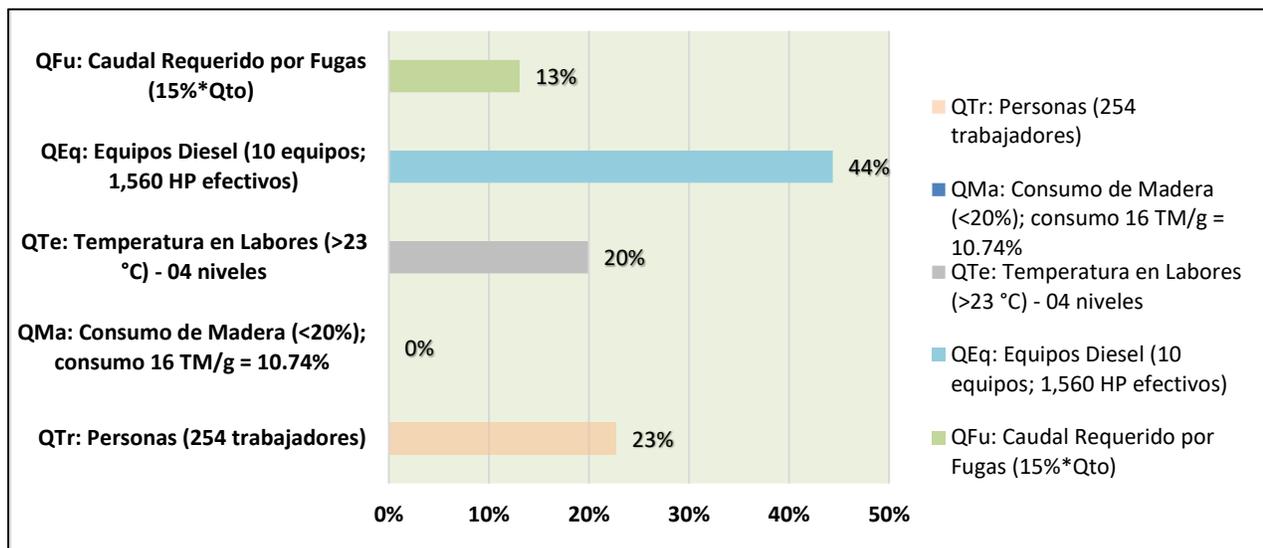
e) **Caudal requerido total (QTo)**

Tabla 30. Distribución de Requerimientos en la Zona Valeria II y III

Distribución Requerimientos	m3/min	cfm
QTr: Personas (254 trabajadores)	1,267	44,740
QMa: Consumo de Madera (<20%); consumo 16 TM/g = 10.74%	0	0
QTe: Temperatura en Labores (>23 °C) - 04 niveles	1,109	39,167
QEq: Equipos Diesel (10 equipos; 1,560 HP efectivos)	2,474	87,358
Caudal Requerido QT1 = QTr + QMa + QTe + QEq	4,850	171,265
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%*QT1)	727	25,690
Caudal Requerido QTo = QT1 + QFu	5,577	196,955

Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Distribución global de Requerimiento de aire en la Zona Valeria II y III



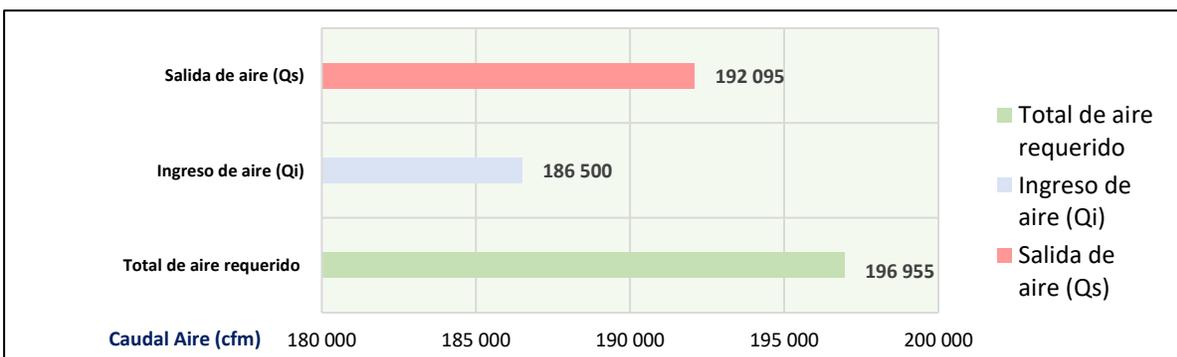
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Cobertura de aire en la Zona Valeria II y III

Caudal de aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	5,577	196,955
Ingreso de aire (Qi)	5,281	186,500
Cobertura (%)	95%	
Superávit (cfm)	-10,455	

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Distribución de aire en la Zona Valeria II y III



Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Zona Valeria IV y V

Esta zona cuenta con 03 ingresos de aire fresco: en el NV 2295 por la RC 34, en el NV 2320 por el RC 12 y en el NV 2420 por el RC 05, los puntos de admisión de aire fresco hacia el RC 34 provienen del PQ MARSA, en el caso del RC 12 el flujo es proveniente del PQ SAN ANDRÉS hacia 2 ventiladores de 10 kcfm y 30 kcfm en el pie del RC y para el RC 05, el caudal de aire que ingresa se da por un ventilador instalado de 18 kcfm en el pie del RC, así mismo cuenta también con 02 salidas de aire viciado: en el NV 2370 por la RC 43, en el NV 2370 por la RC 10. Las salidas de aire son encausadas hacia el RC 43 y RC 10.

Tabla 32. Ingreso de aire en la zona Valeria IV y V

Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
2295	RC 34	5,223	184,434
2320	RC 12	1,228	43,366
2295	RC 05	459	16,200
Total		6,910	244,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Salida de aire en la zona Valeria IV y V

Ubicación		Caudal	
Nivel	Labor	m3/min	cfm
2370	RC 43	3,539	124,992
2420	RC 10	3,508	123,888
Total		7,047	248,880

Fuente: Elaboración propia

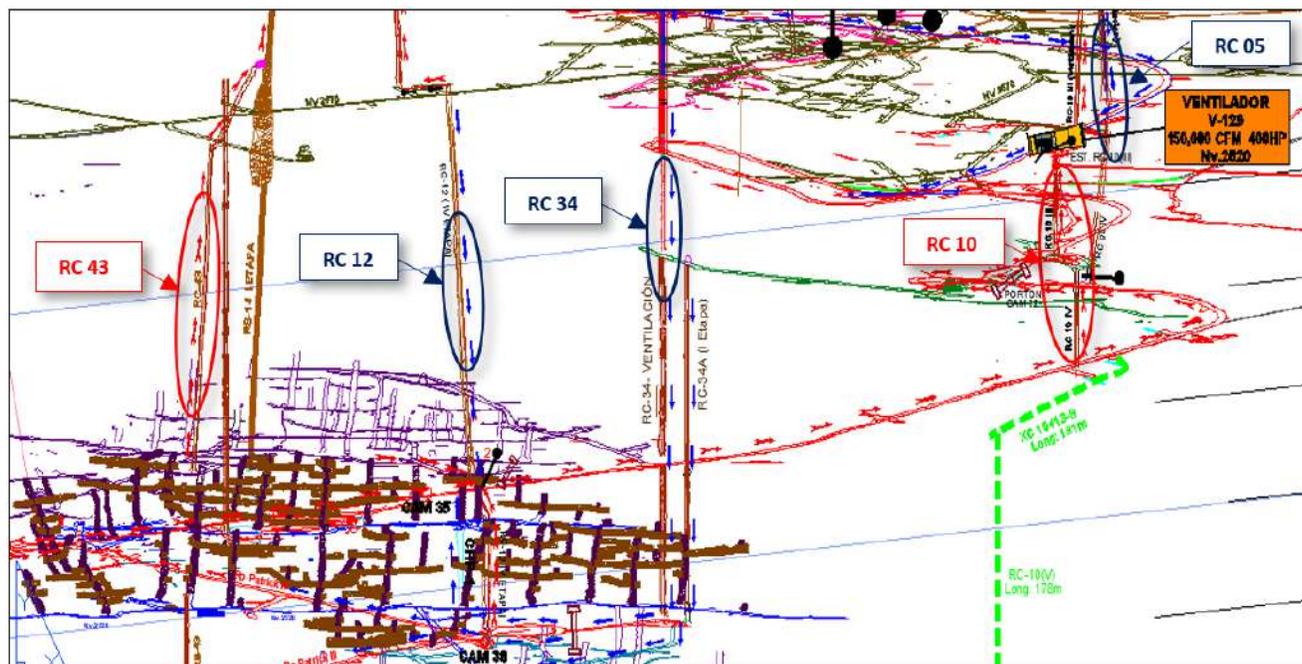
Tabla 34. Balance de aire - Zona Valeria IV y V

Resumen	m3/min	Caudal (cfm)
Total ingreso	6,910	244,000
Total salida	7,047	248,880
Diferencia	-137	4,880
Diferencia porcentual		2.0 %

Fuente: Elaboración propia

En resumen, entre los ingresos y salidas de aires existe un desbalance de 4,880 cfm (2%).

Plano 5. Ubicación Zona Valeria IV y V



Fuente: Elaboración propia

3.1.4.1. Cálculo del Requerimiento de aire Zona Valeria IV y V

a) Requerimientos de aires para personal (QTr)

$QTr = \text{Número de personas} \times \text{Factor}$

$$QTr = 325 \times 5$$

$$QTr = 1,623 \text{ m}^3/\text{min} = 57,289 \text{ cfm}$$

Tabla 35. Requerimiento de aire por la cantidad de personas en la Zona Valeria IV y V

Ítem	Descripción	N° Personas/ guardia	Requerimiento aire/persona	Caudal m ³ /min	Caudal cfm	Parcial %
3	COMILUZ	154	5	770	27,192	47.5%
8	GEOTECNIA	26	5	130	4,591	8.0%
10	LINEA	5	5	25	883	1.5%
13	MARSA	13	5	65	2,295	4.0%
14	MINCOTRALL	85	5	425	15,009	26.2%
15	RECONOCIMIENTO	6	5	30	1,059	1.8%
16	TAURO	26	5	130	4,591	8.0%
	Sub Total	315		1,575	55,621	97.1%
	Contingencia (3%)	10	5	48	1,669	2.9%
	QTr	325	-	1,623	57,289	100%

Fuente: Elaboración propia

b) Requerimiento de aire para Equipos a petróleo (QEq)

Según el reglamento del DS-023-2017-EM. El caudal requerido para equipos a diésel 3,197 m³/min.

Tabla 36. Requerimiento de aire para Equipos a petróleo en la Zona Valeria IV y V

Ítem	Descripción/ Servicios	Equipo	Cantidad	Potencia Nominal HP	F.A. %	Potencia Efectiva HP	D.M. %	F.U. %	QEq m ³ /min	Caudal cfm	Parcial %
1	Perforación (01)	Jumbo BOOMER	1	73	84%	61	85%	25%	39	1,381	1%
2	Acarreo (02)	Scoop Diésel 6.2 yd ³	1	270	84%	227	93%	56%	354	12,514	17%
3		Scoop Diésel 2.5 yd ³	1	150	84%	126	92%	54%	188	6,632	
4	Equipo de transporte (02)	Volquete N° 159	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	47%
5		Volquete N° 160	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	
6	Sostenimiento (02)	Mezclador de concreto	1	174	79%	137	96%	65%	257	9,087	12%
7		Lanzador de concreto	1	96	79%	76	92%	65%	136	4,805	
8	Servicios Auxiliares (03)	Grúa	1	150	79%	119	98%	45%	156	5,525	14%
9		Telehandler	1	100	79%	79	87%	62%	128	4,515	
10		Camioncito	1	140	79%	111	91%	54%	163	5,758	
11	Transporte	Camioneta	1	171	79%	135	95%	35%	135	4,759	8%
12	Supervisión (02)	Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	
TOTAL			12	2456		1,965			3,197	112,887	100%

Fuente: Mantenimiento Mina – U.M. “San Andrés” – MARSA.

c) Requerimiento de caudal por consumo de madera (QMa)

Por la calidad de la roca que tenemos en interior mina usaremos madera como sostenimiento de las paredes rocosas.

Tabla 37. Requerimiento de caudal por consumo de madera en la Zona Valeria IV y V

Producción de mineral TMH/g	Factor Producción m ³ /min	QMa cfm	Consumo de madera TM/g	Producción de mineral TMH/g
159	0.00	0.00	17	159
			10.69%	100%

d) Requerimiento por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

$$QTe = A \times Vm \times \text{Numero de niveles a ventilar}$$

$$QTe = 9.24 \times 30 \times 4 \times 35.31466 = 39,167 \text{ cfm}$$

Tabla 38. Requerimiento por temperatura

Descripción	Valor	Unidad
Temperatura °C	24 a 29	°C
N° Niveles	4	>23°C
Velocidad Mínima (Vm)	30	m/min
Área (Promedio)	9.24	m ²
QTe	39,167	cfm

Fuente: Elaboración propia

e) Caudal requerido por fugas (QFu)

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

$$QT1 = 57,289 + 0 + 39,167 + 112,887 = 209,334 \text{ cfm}$$

$$QFu = 0.15 \times QT1$$

$$QFu = 31,402 \text{ cfm}$$

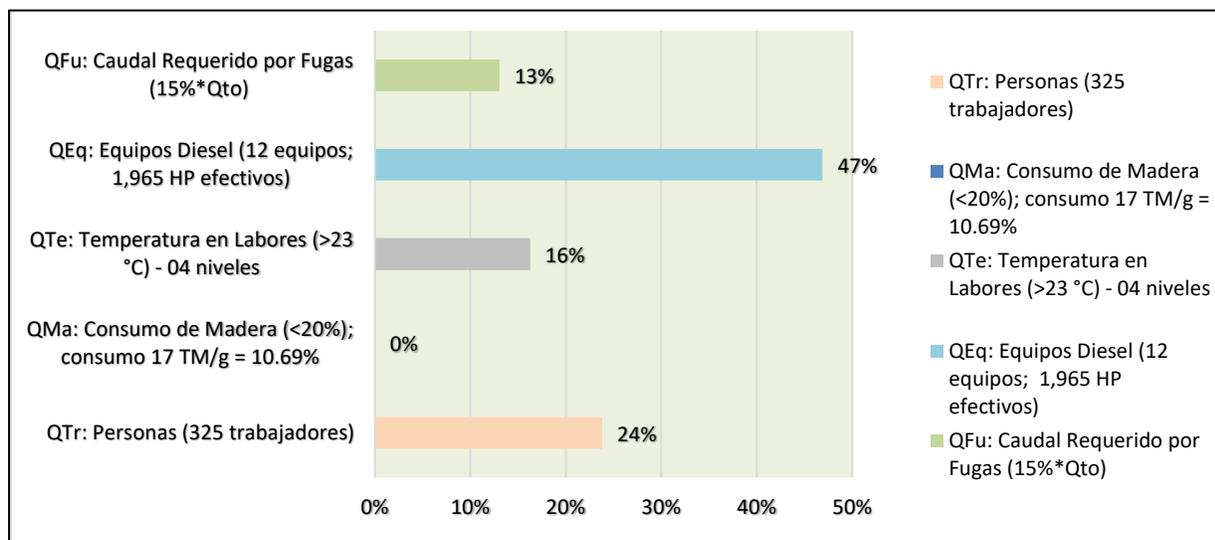
f) Caudal requerido total (QTo)

Tabla 39. Distribución de Requerimientos en la Zona Valeria IV y V

Distribución Requerimientos	m ³ /min	cfm
QTr: Personas (325 trabajadores)	1,622	57,289
QMa: Consumo de Madera (<20%); consumo 17 TM/g = 10.69%	0	0
QTe: Temperatura en Labores (>23 °C) - 04 niveles	1,109	39,167
QEq: Equipos Diesel (12 equipos; 1,965 HP efectivos)	3,197	112,887
Caudal Requerido QT1 = QTr + QMa + QTe + QEq	5,928	209,344
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%*QT1)	889	31,402
Caudal Requerido QTo = QT1 + QFu	6,817	240,745

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Distribución global de requerimiento de aire de la Zona Valeria IV y V



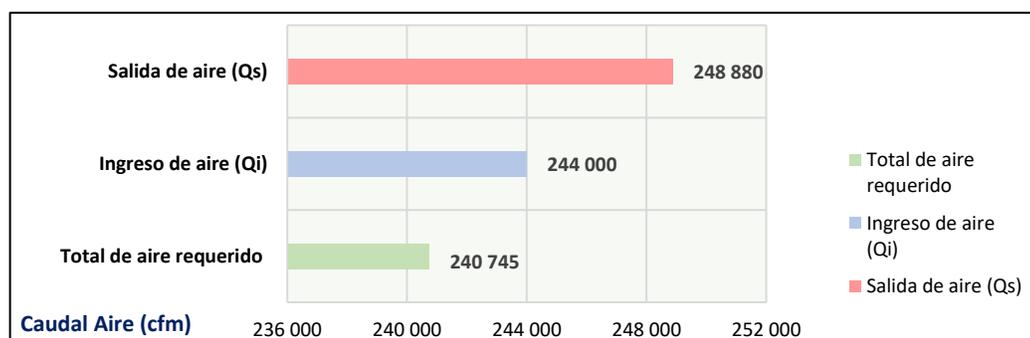
Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Cobertura de aire de la Zona Valeria IV y V

Caudal de aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	6,817	240,745
Ingreso de aire (Qi)	6,910	244,000
Cobertura (%)	101%	
Superávit (cfm)	3,255	

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Distribución de aire en la Zona Valeria IV y V



Fuente: Elaboración propia

3.2 Medición de estaciones de ventilación

Se tomaron las mediciones por nivel y por zonas identificando las estaciones de ventilación, que nos permiten monitorear el caudal de aire de ingreso y salida de mina, así como el aire en labores mineras de accesos de tránsito de personal y equipos.

Estas estaciones fueron indicadas en los planos de ventilación por cada nivel, donde se muestran la sección de la labor, la temperatura, el caudal, velocidad y la dirección del aire.

3.2.1 Estaciones principales – ingresos de aire

El ingreso de aire fresco se compone de (06) labores principales, de los cuales la labor CX 3410 -RB3 – Pomachay representa el 18,738 cfm, la labor CX 3410 – Aguas Limpias con 8,692 cfm, la labor BM 3220 con 55,721 cfm, la labor BM RP con 53,911 cfm, la labor BM RP Patrick con 300,558 cfm y la labor RP 10230-N con 143,268 cfm. Siendo el total de ingreso de aire fresco en 580,888 cfm.

Tabla 41. Ingreso de aire fresco actual, medición de campo.

Est.	Ubicación		Parámetros Ambientales		Sección				Velocidad		Caudal	
	Nivel	Labor	T° Ambiental (°C)	HR (%)	Ancho (m)	Alto (m)	Forma	Área (m ²)	m/s	m/min	m ³ /min	cfm
EVP 01	3410	CX 3410-SW-RB3-Pomachay	16.5	87.2	2.45	2.98	Baúl	6.8	1.29	78	530.6	18,738
EVP 02	3410	CX 3410-SW-Aguas Limpias	18.3	91.2	2.47	2.34	Baúl	5.4	0.76	45	246.1	8,692
EVP 03	3220	10m BM 3220	17.0	48.6	2.44	2.70	Baúl	6.2	4.26	255	1,577.8	55,721
EVP 04	3170	10m BM RP paralela	18.7	46.8	3.00	3.10	Baúl	8.7	2.92	175	1,526.6	53,911
EVP 05	3170	30m BM RP Patrick	17.3	50.9	3.90	4.61	Baúl	16.9	8.41	505	8,510.9	300,558
EVP 06	3220	RP 10230-N	12.2	85.9	4.24	3.83	Baúl	15.2	4.44	266	4,056.9	143,268
Total											16,449	580,888

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Estaciones principales – salidas de aire

La salida de aire viciado de la mina se compone de (05) labores principales, de los cuales la labor Curva 15 CC 35 representa el 98,434 cfm, la labor Circuito RC, Cabeza RC con 138,204 cfm, la labor Curva 13 (INCL 16, cabeza RB) con 128,151 cfm, la labor BM - (Zona San Vicente) con 128,424 cfm y la labor CX Far West con 93,111 cfm. Siendo el total de salida de aire en 586,323 cfm.

Tabla 42. Salida de aire actual, medición de campo

Est.	Ubicación		Parámetros Ambientales		Sección				Velocidad		Caudal	
	Nivel	Labor	T° Ambiental (°C)	HR (%)	Ancho (m)	Alto (m)	Forma	Área (m2)	m/s	m/min	m3/min	cfm
EVP 07	3340	Curva 15 CC 35	18.4	47.3	2.16	-	Circular	3.7	12.68	761	2,787.4	98,434
EVP 08	2520	Circuito RC 10, cabeza RC	24.5	91.9	2.32	2.80	Baúl	6.1	10.70	642	3,913.5	138,204
EVP 09	3410	Curva 13 (INCL 16, cabeza RB)	19.6	45.1	2.25	-	Circular	4.0	15.21	913	3,628.8	128,151
EVP 10	3410	10m BM-San Vicente	19.3	91.8	2.43	2.45	Baúl	5.6	10.85	651	3,636.6	128,424
EVP 11	2950	CX Far West	26.0	97.0	2.44	2.56	Baúl	5.9	7.50	450	2,636.6	93,111
Total											16,603	586,323

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Estaciones secundarias

Se establecieron estaciones de ventilación secundaria en las zonas de mayor relevancia para el flujo de aire, sumando un total de 429 puntos de observación. Es relevante destacar que estas mediciones se efectuaron tanto en cruces como en los puntos de entrada y salida de aire, centrándose especialmente en los niveles de producción.

3.3 Cálculo del requerimiento de caudal de aire global

El cálculo del volumen de aire necesario para ventilar correctamente una mina se basa en diversas exigencias y criterios definidos, con el propósito de:

- Cumplir con los requisitos mínimos establecidos por la normativa vigente, proporcionando un nivel de comodidad adecuado para los trabajadores que desempeñan sus labores dentro de la mina.
- Diluir y eliminar los gases, polvos, humos y calor generados durante las operaciones mineras.
- Proporcionar las condiciones mínimas necesarias para el funcionamiento de los equipos diésel.
- Garantizar un ambiente térmico confortable.

3.3.1 Requerimiento de aire por trabajadores

El requerimiento de aire para el personal se calcula en base al Artículo N° 247 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, que indica que la cantidad de aire requerida por persona es de 5m³/min cuando la altitud varíe de 3,000 a 4,000 msnm. Se determinó con un total de 767 personas que laboran en interior mina, obteniéndose un requerimiento total de aire de 135,312 cfm.

$$QTr = \text{Número de personas} \times \text{Factor}$$

$$QTr = 767 \times 5$$

$$QTr = 3832 \text{ m}^3/\text{min} = 135,312 \text{ cfm}$$

Tabla 43. Requerimiento de Aire por Trabajadores

Ítem	Descripción	N° Personas/ guardia	Requerimiento aire/persona	Caudal m3/min	Caudal cfm	Parcial %
1	ALFA	125	5	625	22,072	16.3%
2	CANCER	98	5	490	17,304	12.8%
3	COMILUZ	154	5	770	27,192	20.1%
4	CONFIPETROL	18	5	90	3,178	2.3%
5	CONINSA	8	5	40	1,413	1.0%
6	LUCHITO	2	5	10	353	0.3%
7	INSPECTORATE	55	5	275	9,712	7.2%
8	GEOTECNIA	26	5	130	4,591	3.4%
9	HIGH POWER	7	5	35	1,236	0.9%
10	LINEA	19	5	95	3,355	2.5%
11	SODEXO	1	5	5	177	0.1%
12	MANNUCCI	1	5	5	177	0.1%
13	MARSA	13	5	65	2,295	1.7%
14	MINCOTRALL	85	5	425	15,009	11.1%
15	RECONOCIMIENTO	26	5	130	4,591	3.4%
16	TAURO	106	5	530	18,717	13.8%
Sub Total		744		3720	131,371	97.1%
Contingencia (3%)		23	5	112	3,941	2.9%
QTr		767	-	3832	135,312	100%

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Requerimiento de aire por equipos petroleros

Del mismo modo se estimó el requerimiento de aire proyectado para equipos petroleros. De acuerdo con la información proporcionada por la Unidad Minera y el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Se calculó el requerimiento de aire por equipos petroleros de 263,999 cfm.

Tabla 44. Requerimiento de Aire por Equipos Petroleros

Ítem	Descripción/ Servicios	Equipo	Cantida d	Potencia Nominal HP	F.A. %	Potencia Efectiva HP	D.M. %	F.U. %	QEq m3/min	Caudal cfm	Parcial %
1	Perforación (02)	Jumbo BOOMER	1	73	84%	61	85%	25%	39	1,381	1%
2		Jumbo BOOMER	1	73	84%	61	85%	35%	55	1,933	
3	Acarreo (04)	Scoop Diésel 6.2 yd3	1	270	84%	227	93%	56%	354	12,514	10%
4		Scoop Diésel 2.2 yd3	2	192	84%	161	91%	54%	238	8,396	
5		Scoop Diésel 2.5 yd3	1	150	84%	126	92%	54%	188	6,632	
6	Equipo de transporte (06) (*)	Volquete N° 159	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	60%
7		Volquete N° 160	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	
8		Volquete N° 161	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	
9		Volquete N° 162	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	
10		Volquete N° 144	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563	
11	Volquete N° 150	1	480	79%	379	87%	76%	752	26,563		
12	Sostenimiento (02)	Mezclador (concreto)	1	174	79%	137	96%	65%	257	9,087	5%
13		Lanzador (concreto)	1	96	79%	76	92%	65%	136	4,805	
14	Servicios Auxiliares (07)	Mini CAT frontal	1	99	79%	78	90%	40%	84	2,983	12%
15		Grúa	1	150	79%	119	98%	45%	156	5,525	
16		Grúa	1	150	79%	119	98%	45%	156	5,525	
17		Telehandler	1	100	79%	79	87%	62%	128	4,515	
18		Camioncito	1	140	79%	111	91%	54%	163	5,758	
19		Camioncito	1	140	79%	111	92%	54%	165	5,821	
20		Retroexcavadora	1	90	79%	71	78%	30%	50	1,763	
21	Transporte Supervisión (06)	Camioneta	1	171	79%	135	95%	30%	116	4,079	11%
22		Camioneta	1	171	79%	135	95%	35%	135	4,759	
23		Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	
24		Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	
25		Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	
26		Camioneta	1	172	79%	136	95%	35%	136	4,787	
TOTAL			27	5,807		4,625			7,476	263,999	100%

Fuente: Mantenimiento Mina – U.M. “San Andrés” – MARSA.

3.3.3 Requerimiento de aire por consumo de madera

Según los factores establecidos en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. N° 024-2016-EM y su modificatoria D.S. N° 023-2017-EM, el porcentaje de consumo de madera calculado es de 10.71 % con respecto al de producción en toneladas métricas húmedas por guardia, por tanto, el factor de producción se establece en 0 según la tabla 45.

Tabla 45. Factor de producción de acuerdo con el consumo de madera

FACTOR DE PRODUCCIÓN DE ACUERDO CON EL CONSUMO DE MADERA	
Consumo de madera	Factor de producción
<20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1
>71	1.25

Fuente: D.S. N° 023- 2017-EM

Tabla 46. Requerimiento de aire por consumo de madera

Producción de mineral TMH/g	Factor Producción m3/min	QMa cfm	Consumo de madera TM/g	Producción de mineral TMH/g
700	0.00	0.00	75	700
			10.71%	100%

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Requerimiento de aire por temperatura en las labores

Según el análisis de velocidades se encontraron 10 niveles con temperaturas por encima de los 23°C, según el Reglamento se deberá efectuar el siguiente cálculo:

Tabla 47. Caudal requerido por Temperatura en las Labores de Trabajo

Descripción	Valor	Unidad
Temperatura °C	24 a 29	°C
N° Niveles	10	>23°C
Velocidad Mínima (Vm)	30	m/min
Área (Promedio)	9.24	m ²
QTe	97,919	cfm

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Requerimiento de aire por consumo de explosivo

El requerimiento de aire por consumo de explosivo no se considera, por ser menor al requerimiento de equipos petroleros.

Tabla 48. Consumo de explosivos kg/mes

Mes	Explosivo Total (Kg)
Mayo - 2022	36,510
Junio - 2022	41,620
Promedio/mes	39,065
Promedio/día	1,302
Promedio/guardia	651

Fuente: Gerencia Mina – U.M. “San Andrés” – MARSA.

Tabla 49. Turno de día

Ítem	Turno Día	
	Valor	Unidad
Área Promedio	11.00	m2
Velocidad mínima	25	m/min
N° Niveles	26	nivel
Tiempo Dilución	180	min
Explosivo	651	Kg/g

Según D.S. N° 023-2017-EM	QEx	212,157	cfm
Ecuación de Novitsky	QEx	63,869	cfm

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Del análisis de cálculo se concluye que los tiempos de ventilación para ambas guardias son:

- Para la guardia de día: Chispeo 8:30 pm y el Ingreso: 11:30 pm. **Total 180 min.**
- Para la guardia de noche: Chispeo 7:45 am y el ingreso: 11:00 am. **Total 195 min.**

3.3.6 Requerimiento de aire por fugas

De acuerdo con la Reglamentación vigente se calcula con el 15% de la sumatoria de todos los requerimientos de aire y considerando 10 niveles con temperaturas mayores a 23° C, tenemos:

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

$$QT1 = 135,312 + 0 + 97,919 + 263,999 = 497,229 \text{ cfm}$$

$$QFu = 0.15 \times QT1$$

$$QFu = 74,584 \text{ cfm}$$

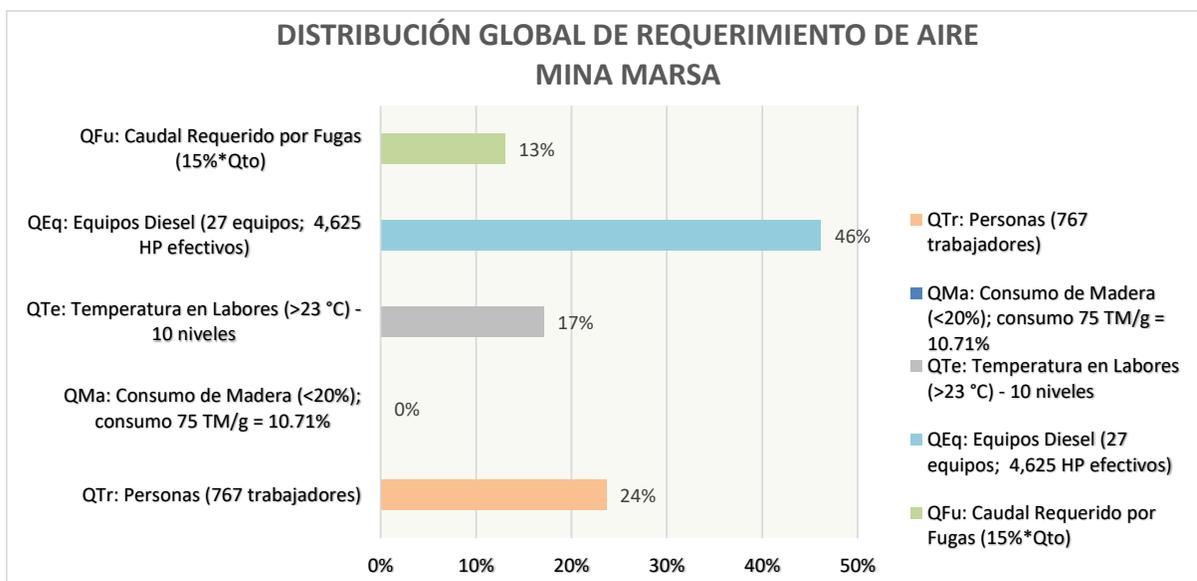
3.3.7 Requerimiento global de aire.

Tabla 50. Cálculo del requerimiento global de aire – U.M. “San Andrés” – MARSA.

Distribución Requerimientos	m3/min	cfm
QTr: Personas (767 trabajadores)	3,832	135,312
QMa: Consumo de Madera (<20%); consumo 75 TM/g = 10.71%	0	0
QTe: Temperatura en Labores (>23 °C) - 10 niveles	2,773	97,919
QEq: Equipos Diesel (27 equipos; 4,625 HP efectivos)	7,476	263,999
Caudal Requerido QT1 = QTr + QMa + QTe + QEq	14,080	497,229
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%*QT1)	2,112	74,584
Caudal Requerido QTo = QT1 + QFu	16,192	571,814

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Distribución Global del Requerimiento de Aire – U.M. “San Andrés” – MARSA.



3.3.8. Balance de Ventilación Actual

Considerando los HP efectivos de los equipos, la cobertura actual del sistema de ventilación se encuentra en 102%, siendo la demanda total de aire de 571,814 cfm, teniendo un superávit del volumen de aire de 9,074 cfm.

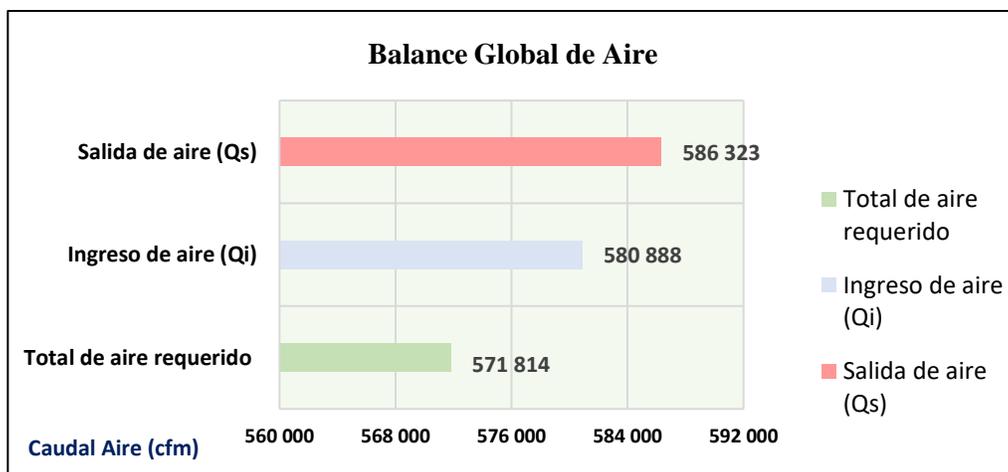
Tabla 51. Balance y Cobertura Actual

Resumen	cfm	%
Total ingreso de aire (Qi)	580,888	99%
Total salida de aire (Qs)	586,323	100%
Desbalance final	5,435	0.93%

Cobertura global de aire		
Caudal de aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	16,192	571,814
Ingreso de aire (Qi)	16,449	580,888
Salida de aire (Qs)	16,603	586,323
Cobertura (%)		102%
Superávit (cfm)		9,074

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Distribución del balance de aire



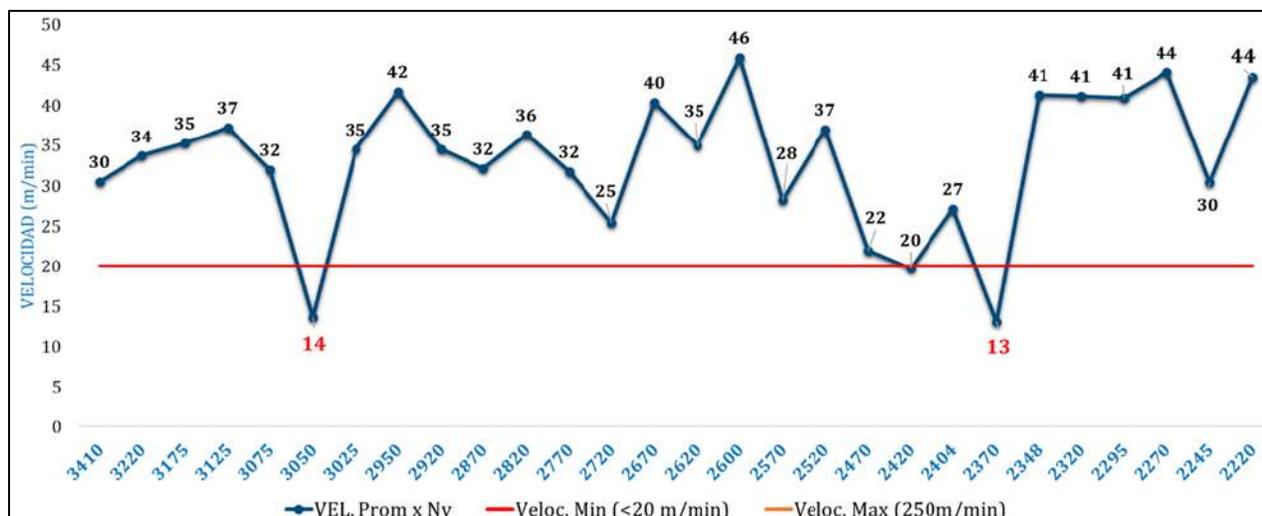
Fuente: Elaboración propia

3.4 Análisis de velocidades de aire

3.4.1 Análisis de velocidades de aire

Según el análisis de los puntos de monitoreo que se realizó en los 28 niveles principales: (NV 3410 – San Vicente, NV 3220, NV 3175, NV 3125, NV 3075, NV 3050, NV 3025, NV 2950, NV 2920, NV 2870, NV 2820, NV 2770, NV 2720, NV 2670, NV 2620, NV 2600, NV 2570, NV 2520, NV 2470, NV 2420, NV 2404, NV 2370, NV 2348, NV 2320, NV 2295, NV 2270, NV 2245, NV 2220) y la Rp Patrick. De acuerdo con el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional las velocidades no deben ser menor de los 20 m/min ni ser mayor a los 250 m/min; en el caso de U.M. San Andrés debido al tipo de explosivo usado (emulsión y dinamita), dado ello se analizaron 429 puntos de monitoreo o llamado también estaciones secundarias. Mostrándose a continuación en las figuras respectivas:

Figura 19. Análisis de Velocidad Promedio por niveles

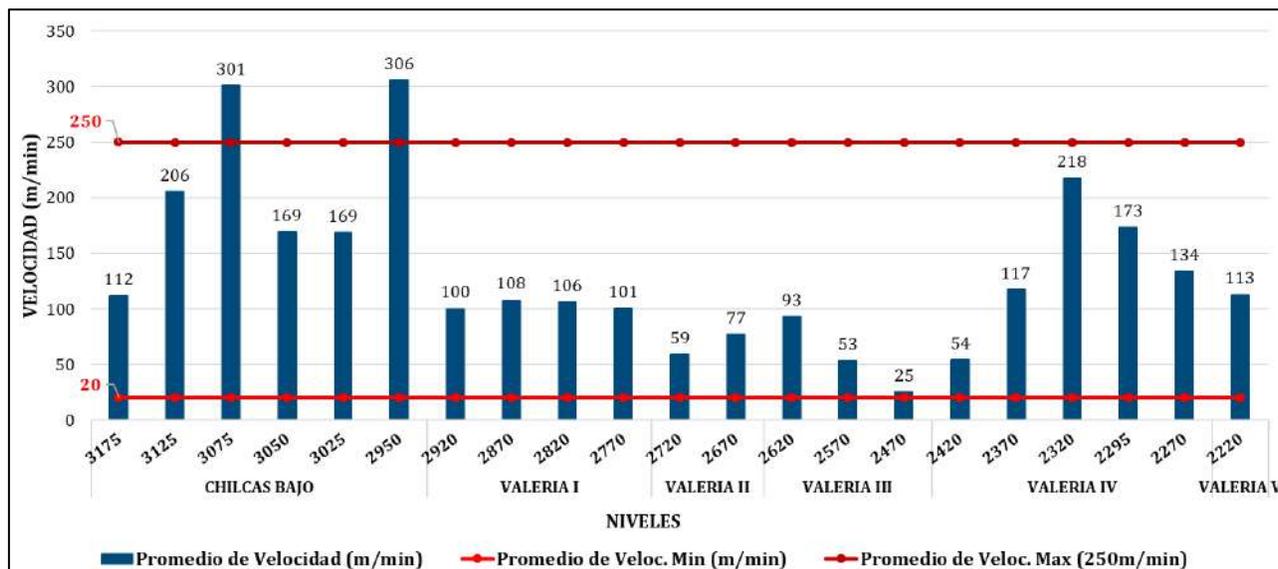


Fuente: Elaboración propia

Según la figura 19, en el nivel 3050 y el nivel 2370 se tienen en promedio velocidades por debajo del límite permitido (20 m/min), 14 y 13 m/min respectivamente; en consecuencia, debemos de tomar acción suministrando mayor caudal a estos 2 niveles; ya sea por medio del

incremento de ventiladores auxiliares o instalando reguladores en otros niveles superiores o inferiores para que aumente la cantidad de caudal a estos niveles y por ende se incremente la velocidad del aire promedio.

Figura 20. Análisis de velocidad en la Rp Patrick por niveles



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la Rp Patrick podemos apreciar en la figura 20 que tenemos en los niveles 3075 y 2950 velocidades de aire por encima del límite máximo (250 m/min), lo cual nos indica que podríamos tener presencia de polvo y dificultad para que el personal pueda realizar trabajos de mantenimiento de vías o acondicionamiento de los estándares de operación.

3.5 Modelamiento y caracterización en el Software Ventsim

El proceso de modelamiento consiste en dar forma al conducto desarrollado en el Software Ventsim a partir de la data topográfica importada al software que viene utilizando Marsa para que represente de manera concreta los conductos de ventilación, es decir, que luego puedan caracterizarse estas labores en cuanto a su sección, capas, nivel, etc. Asimismo, para la calibración se requieren de datos o parámetros del lugar de la mina como: caída de presión, resistencia, condiciones termo ambientales, densidad y otros; los cuales son imprescindibles y

hacen que el modelo esté en condiciones para hacer simulaciones y diseños confiables. Además, el flujo de aire circulante a través de las redes de ventilación diseñadas, deben registrar valores muy cercanos a las evaluadas en el campo.

3.5.1 Determinación del factor de fricción “K”

La fricción conlleva la conversión de energía de trabajo en energía térmica, como ocurre cuando el aire turbulento fluye sobre una superficie. Cuanto más rugosa sea esta superficie, mayor será la turbulencia, y por ende, mayor la fricción y la pérdida de potencia. Así, un conducto con superficie rugosa tendrá un coeficiente de fricción "K" más elevado que uno pulido.

Cabe mencionar que este proceso, es importante para el trabajo, ya que cada superficie, por naturaleza, sin importar su textura suave o pulida, cuenta con diminutas descompresiones, bordes y porciones sobresaliente; por lo que, como resultado en el movimiento del aire, estas irregularidades ocasionan una oposición al flujo.

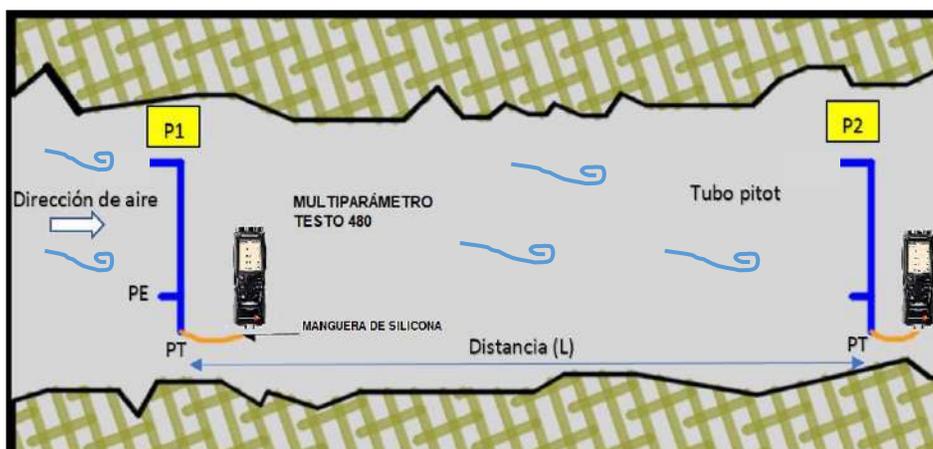


Figura 21. Medición de la caída de presión para una labor

Fuente: Elaboración propia

Una de las formas de determinar este factor “K”, es por la diferencia de Caída de Presión cuyas medidas corresponden a dos puntos, distanciados mayor a 50 metros.

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

Por tanto, la evaluación de este factor en campo se hizo mediante la utilización de Tubos de Pitot y el equipo Multiparámetro TESTO 480, y una vez obtenidos los valores en campo se aplicó la fórmula de caída de presión de Atkinson:

$$Hf = K \frac{CLQ^2}{A^3}$$

Donde:

Hf : Caída de presión por fricción (Pa)

C : Perímetro del conducto (m)

L : Longitud del túnel (m)

V : Velocidad (m/s)

A : Área del ducto (m²), para las labores típicas de forma herradura se usan factores de corrección.

Q : Caudal de aire (m³/s)

K : Factor de fricción de Atkinson, corregida por la densidad de la mina (Kg/m³)

Para la determinación del perímetro (C) en una sección típica se usa la siguiente fórmula:

$$C = B + 1.5H + \frac{B}{2} \left(\sqrt{\frac{H^2}{B^2} + 1} \right) + \frac{B^2}{2H} \left[\ln \left(\frac{H}{B} + \sqrt{\frac{H^2}{B^2} + 1} \right) \right]$$

Donde:

C : Perímetro del conducto (m)

B : Ancho del conducto (m)

H : Altura del conducto (m)

\ln : Logaritmo natural

Tabla 52. Determinación de factor "K".

Ítem	Punto	Ubicación		Área (A)		Perímetro (C)		PT	Longitud (L)	Velocidad (V)	Caudal (Q)	Factor fricción (K)	Resistencia (R)
		Nivel	Labor	m2	promedio (m2)	m	promedio (m)						
1	P1	2670	BP 10209-SW	6.30	6.19	9.47	9.38	0.30	44	1.44	8.89	0.0022	0.0038
	P2	2670	BP 10209-SW	6.08		9.29							
2	P1	2620	Rp Patrick	24.36	22.75	18.58	17.96	1.40	107	2.12	48.14	0.0037	0.0006
	P2	2620	Rp Patrick	21.14		17.35							
3	P1	2920	XC 10150-NE	9.85	9.85	11.82	11.82	3.30	55	3.17	31.25	0.0050	0.0034
	P2	2920	XC 10150-NE	9.85		11.82							
4	P1	2870	RP Patrick	26.85	23.18	19.52	18.07	2.65	96	2.42	56.14	0.0060	0.0008
	P2	2870	RP Patrick	19.50		16.63							
5	P1	2950	XC 11040-S	6.02	6.02	9.26	9.26	7.60	25	5.60	33.70	0.0063	0.0067
	P2	2950	XC 11040-S	6.02		9.25							
6	P1	2950	CASA GERENCIA	8.06	6.97	10.73	9.93	0.42	110	1.23	8.55	0.0018	0.0057
	P2	2950	CASA GERENCIA	5.88		9.13							
7	P1	2950	RP Paralela	8.35	7.50	10.88	10.32	1.10	100	3.42	25.64	0.0007	0.0017
	P2	2950	RP Paralela	6.65		9.77							

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados obtenidos luego procederán a ser ingresados en el modelo 3D de la mina San Andrés para su calibración y caracterización en el software Ventsim teniendo como meta realizar diversas simulaciones contemplando escenarios óptimos para mejorar las condiciones actuales de la mina.

3.6 Inventario de ventiladores

Se cuenta con un total de 101 ventiladores de los cuales, 94 ventiladores en operación y 07 apagados o stand by (ver anexo I). De los ventiladores en operación o encendidos; 05 de ellos son ventiladores principales que funcionan como extractores de aire viciado, 01 secundario que sirve de apoyo o direccionamiento del aire viciado hacia los ventiladores principales y 88 auxiliares que sirven como impulsores o extractores en zonas de operación.

Cabe mencionar que cada uno de los 05 ventiladores principales tiene su propio eje o circuito de salida de aire viciado que se mencionan en páginas inferiores.

Tabla 53. Cantidad de ventiladores operativos por zona.

Ítem	Zona	Tipo	Cantidad de ventiladores
1	San Vicente	Principal	1
2	Chilcas Bajo	Principal	2
		Auxiliar	16
3	Valeria I	Auxiliar	21
4	Valeria II	Auxiliar	11
5	Valeria III	Principal	2
		Secundario	1
		Auxiliar	15
6	Valeria IV	Auxiliar	15
7	Valeria V	Auxiliar	10
Total ventiladores operativos			94

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en las zonas de Chilcas bajo y Valeria I se tienen instalados una gran cantidad de ventiladores auxiliares, contándose un total de 37. Lo que nos indica que en esas dos zonas a pesar de que se encuentran cerca de la superficie sus laboreos de desarrollo y producción son muy alejados de los circuitos principales de salida de aire viciado y es por eso por lo que se utilizan en gran cantidad ventiladores auxiliares para poder llevar el aire fresco hasta el personal que se encuentra laborando.

3.7 Costo de energía global

El costo de energía global al año es de US\$ 1,850,773 (ver anexo II y III) y el costo unitario de energía es 0.062 US\$/kW-h, teniendo un caudal de ingreso de aire fresco de 580,888 cfm, se puede calcular el siguiente indicador:

$$\frac{\text{Costo de energía global al año } \left(\frac{\text{US\$}}{\text{año}}\right)}{\text{Caudal de ingreso de aire fresco (cfm)}} = \frac{1'850,773}{580,888} = 3.19 \frac{\text{US\$}}{\text{cfm}}$$

Este indicador se puede usar para saber cómo va aumentando o reduciendo nuestro consumo energético respecto a años anteriores.

3.7.1 Costo de energía por eje o circuito

Según, la tabla 54, los circuitos de aire viciado de Far West y RC 43 son los que tienen mayor costo por consumo energético anual, dando como suma US\$ 358,700/año, representando el 49% del costo total de todos los circuitos en cambio el circuito RB 11 es el de menor consumo energético con US\$ 100,759/año.

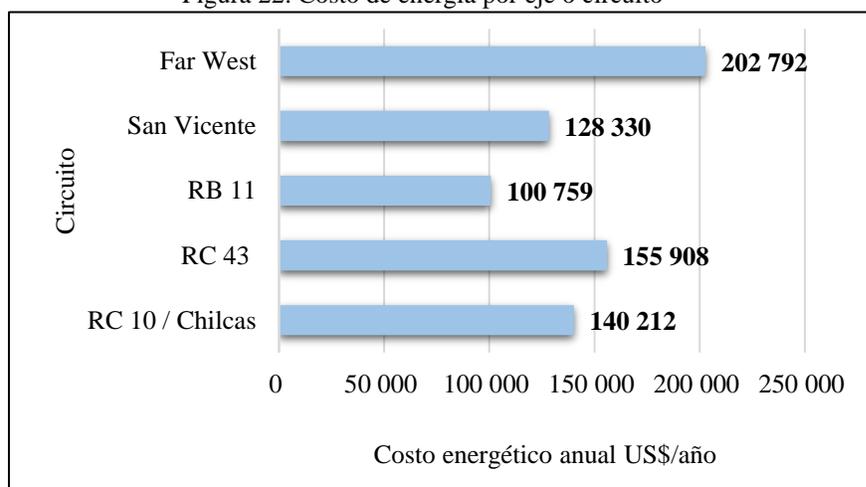
Cabe indicar que para el cálculo del consumo energético de los circuitos se está solamente considerando los ventiladores principales y secundarios.

Tabla 54. Costo de energía por eje.

Ítem	Circuito	Costo anual US\$/año	Porcentaje
1	RC 10 / Chilcas (V-129, 150 kcfm)	140,212	19%
2	RC 43 (V-133, 150 kcfm)	155,908	21%
3	RB 11 (V-78, 110 kcfm)	100,759	14%
4	San Vicente (V-88, 150 kcfm)	128,330	18%
5	Far West (V-86, 110 kcfm y V-87, 110 kcfm)	202,792	28%
		728,001	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Costo de energía por eje o circuito



Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Costo de energía de ventilación auxiliar por zona

Según la tabla 55, la zona de Valeria V es la que tiene mayor consumo energético representando el 21% del total con un costo de US\$ 238,327/año; y la zona de Valeria II el de menor costo. Lo que nos indica que en la zona de profundización se están utilizando ventiladores de mayores potencias, porque las condiciones térmicas son mucho mayores que las zonas altas como Valeria II y Valeria III, a pesar de que en las zonas altas se utilicen mayor cantidad de ventiladores auxiliares.

Tabla 55. Costo de energía por zonas.

Zona	Tipo	Cantidad de ventiladores	Costo Anual US\$/año	Porcentaje
Chilcas Bajo	Auxiliar	16	216,906	19%
Valeria I	Auxiliar	21	198,814	18%
Valeria II	Auxiliar	11	118,731	11%
Valeria III	Auxiliar	15	131,854	12%
Valeria IV	Auxiliar	15	218,140	19%
Valeria V	Auxiliar	10	238,327	21%
Total ventiladores operativos		88	1,122,772	100%

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Caída de presión por eje o circuito de salida

Se han determinado las caídas de presión de los 05 ejes principales de salidas de aire con el soporte del modelo 3D elaborado en Ventsim.

Tabla 56. Descripción de ejes principales de salida de aire.

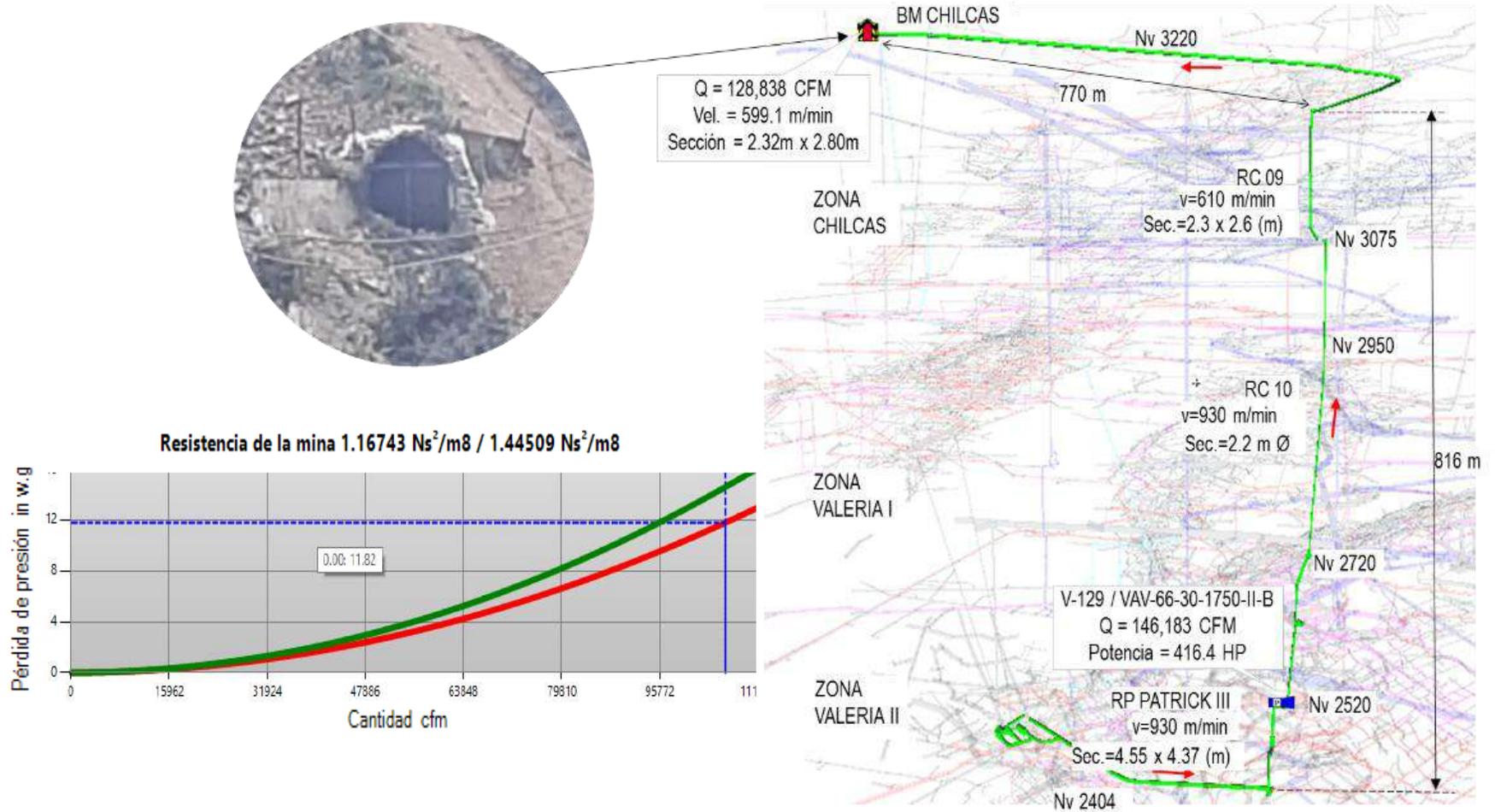
Eje principal	Ubicación de salida	Zonas que ventila	Coordenadas UTM		
			N	E	COTA
Circuito RC 10	BM Chilcas	Valeria IV y V	230,457.5	9,110,800.7	3,234.0
Circuito RC 43	Curva 13	Valeria IV y V	230,895.5	9,110,258.7	3,358.5
Circuito RB 11	Curva 15	Valeria I y II	230,983.4	9,110,271.7	3,398.8
Circuito San Vicente	BM 3410	Chilcas	230,882.7	9,110,109.1	3,412.2
Circuito Far West	BM Far West	Valeria II y III	228,112.0	9,111,806.0	2,950.8

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.1. Circuito RC 10 (Chilcas)

El aire recorre una longitud de 2,150 m para ser evacuado hacia superficie, la caída de presión de 11.82 “C.A.

Plano 6. Vista isométrica Circuito RC 10

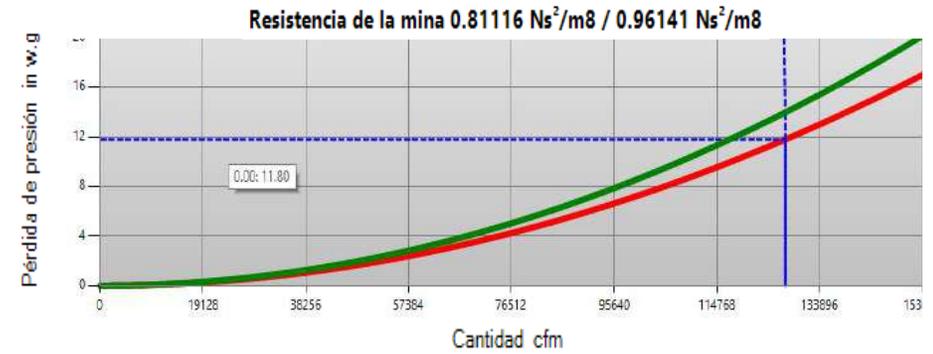
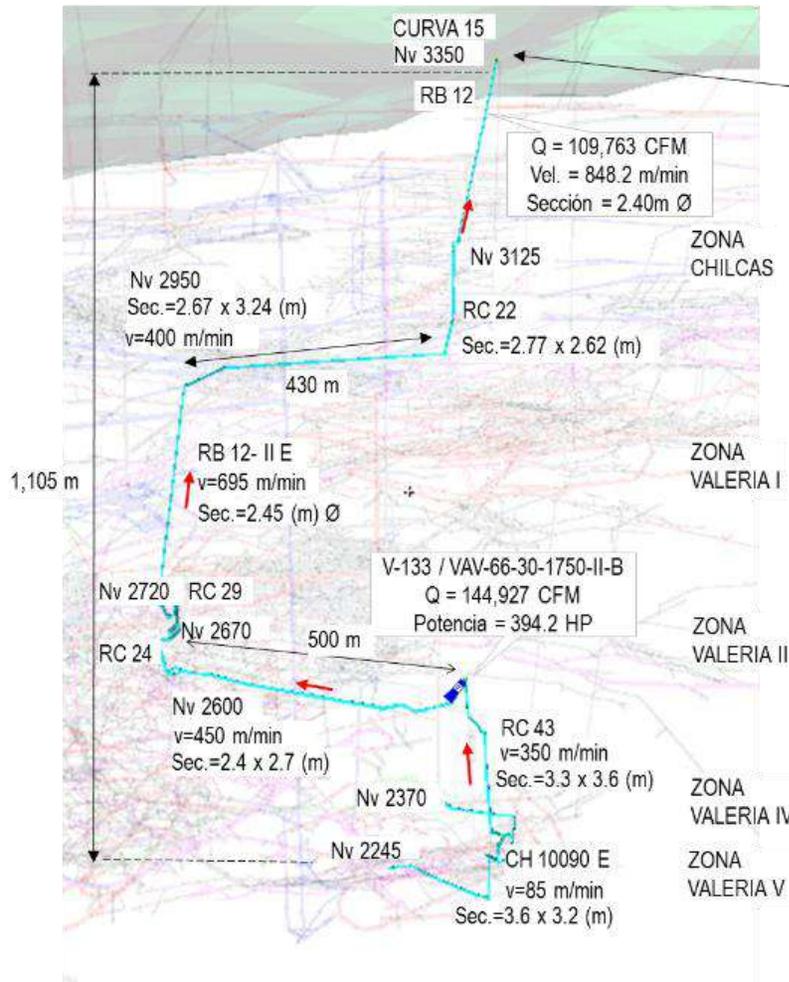


Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.7.3.2. Circuito RC 43

El aire recorre una longitud de 2,036 m para ser evacuado hacia superficie, la caída de presión es 11.80 “C.A.

Plano 7. Vista isométrica Circuito RC 43

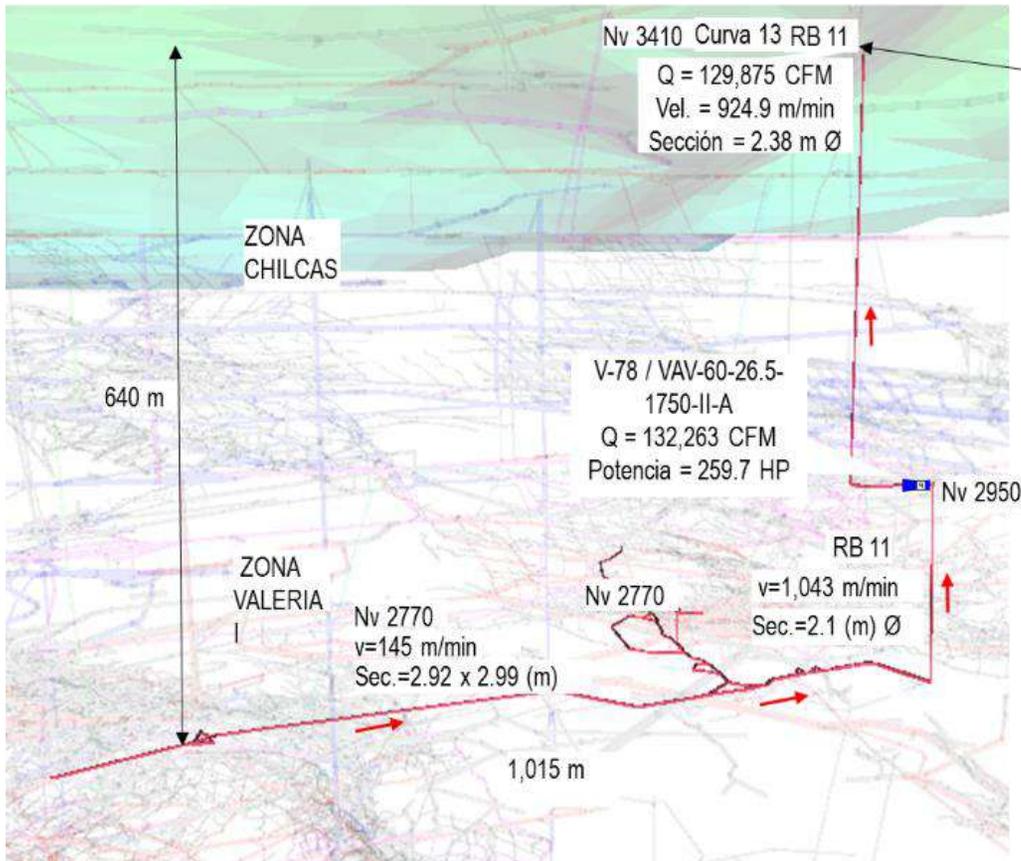


Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.7.3.3. Circuito RB 11

El aire recorre una longitud de 1,655 m para ser evacuado hacia superficie, la caída de presión es 8.62 “C.A.

Plano 8. Vista isométrica Circuito RB 11

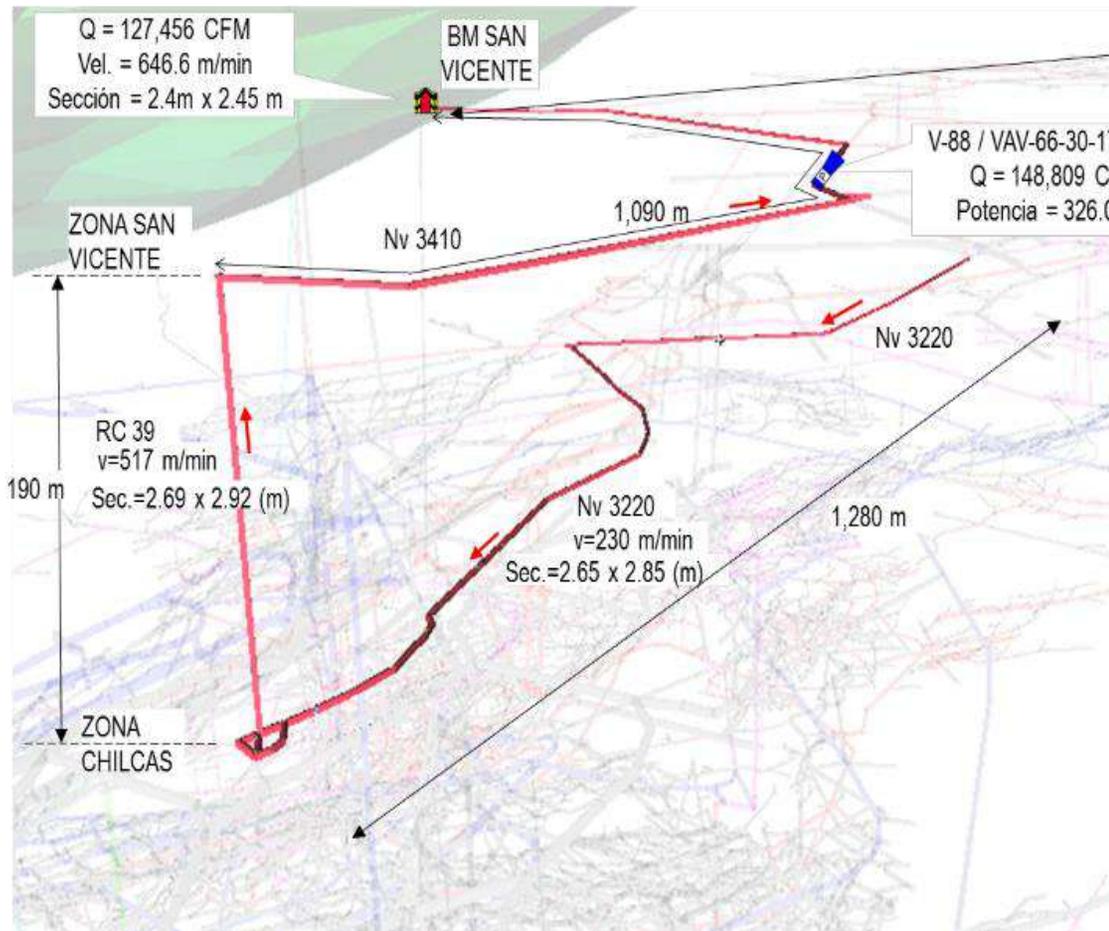


Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.7.3.4. Circuito San Vicente

El aire recorre una longitud de 2,540 m para ser evacuado hacia superficie, la caída de presión es 9.60 “C.A.

Plano 9. Vista isométrica Circuito San Vicente

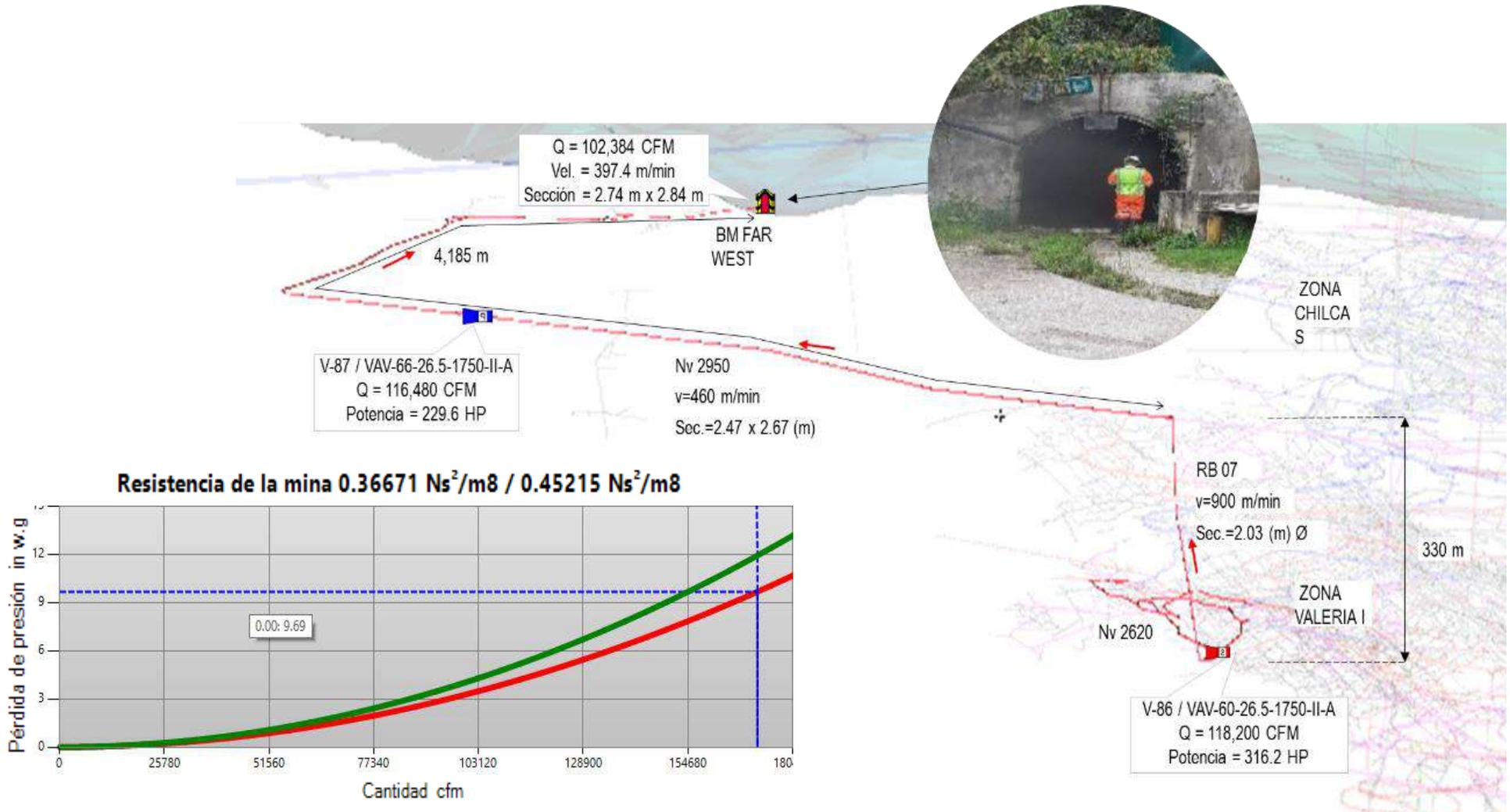


Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.7.3.5. Circuito FAR WEST

El aire recorre una longitud de 4,515 m para ser evacuado hacia superficie, la caída de presión del circuito Far West es 9.69 “C.A.

Plano 10. Vista isométrica Circuito Far West



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.8 Modelo actual Ventsim 3D de la mina

La complejidad en el análisis de redes de ventilación impulsó la elección de una de las herramientas computacionales más sofisticadas para modelar y caracterizar el sistema. Esto permitió crear un modelo virtual en 3D que posibilita la simulación del flujo de aire y calor. Este enfoque ayuda a un diagnóstico exhaustivo del sistema de ventilación de la mina San Andrés y facilita la identificación de áreas de mejora. Es crucial que este proceso se base en datos obtenidos en el campo.

3.8.1 Configuración y entrada de parámetros de simulación

La configuración del modelo 3D del sistema de ventilación, consta de ingresar todos los parámetros ambientales medidos en campo al software Ventsim, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 57. Parámetros termo-ambientales – U.M. “San Andrés” – MARSA.

▼	Simulación	
>	Calor	
>	Contaminante	
>	Diesel	
>	Dinámica	
>	Explosivos	
>	Flujo de aire	
>	Gas	
>	Incendio	
▼	Medio ambiente	
	[RESET]	No
	Aire densidad de flujo compresible	0.82 kg/m ³
	Ajuste temperatura superficie	Si
	Año actual	2022.5
	Calor específico de la roca	778.5 J/kgC
	Conductividad Térmica de la roca	4.63 W/mC
	Densidad de la roca (Opcional si se establece difusividad)	2,851 kg/m ³
	Densidad del Aire en la red	0.82 kg/m ³
	Difusividad térmica de la roca	2.084 10-6 m ² /s
	Edad del conducto de aire	20.000 años
	Elevación superficial de la rejilla de la mina	4,000.0 m
	Fracción de la humedad de la roca	0.4
	Gradiente geotérmico	1.5 C/100m
	Presión barométrica en la superficie	68.7 kPa
	Superficie atmosférica tasa de lapso	6.4 C/1000m
	Superficie de referencia de humedad relativa	67.4 %
	Superficie de referencia elevación sobre el nivel del mar	3,159.3 m
	Temperatura de la roca superficial	16.0 C
	Temperatura del bulbo húmedo en la superficie	12.0 C
	Temperatura del bulbo seco en la superficie	16.0 C

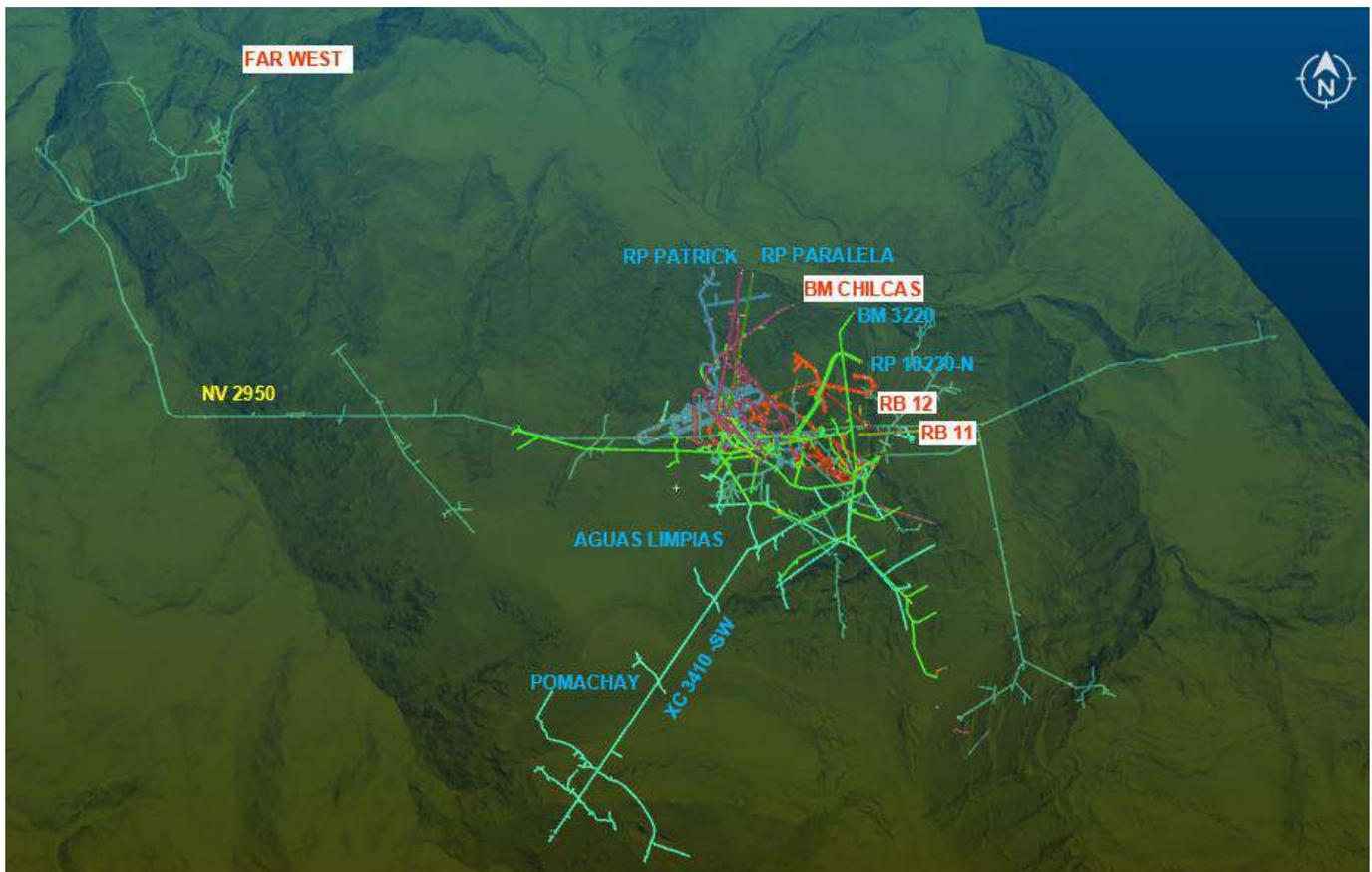
Fuente: Configuración medio ambiente en el software Ventsim 5.4

3.8.2 Modelamiento y caracterización topográfica

La data topográfica entregada en el software Datamine y AutoCAD, fue importada al software Ventsim Design TM 5.4 como se puede apreciar en el mapa 4 y 5.

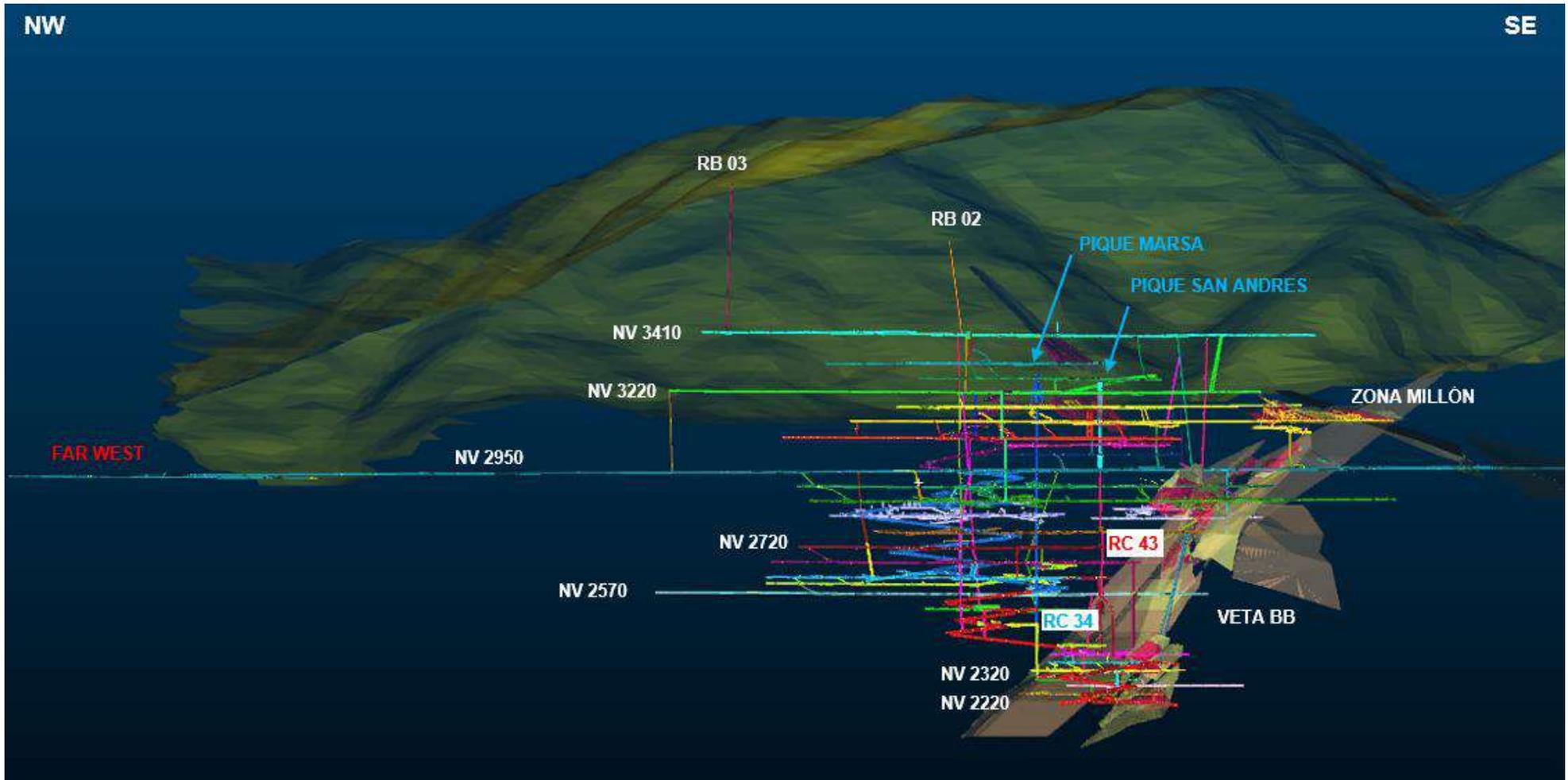
En el mapa 4 y 5 se pueden apreciar la topografía importada juntamente con las labores de desarrollo, explotación y exploración en un modelo 3D, donde se detallan los ingresos de aire, salidas de aire viciado, zonas, estructuras mineralógicas y niveles operativos como abandonados.

Mapa 4. Vista en planta del modelo 3D – U.M. “San Andrés” – MARSA.



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Mapa 5. Vista longitudinal modelo 3D - U.M. "San Andrés" – MARSA.



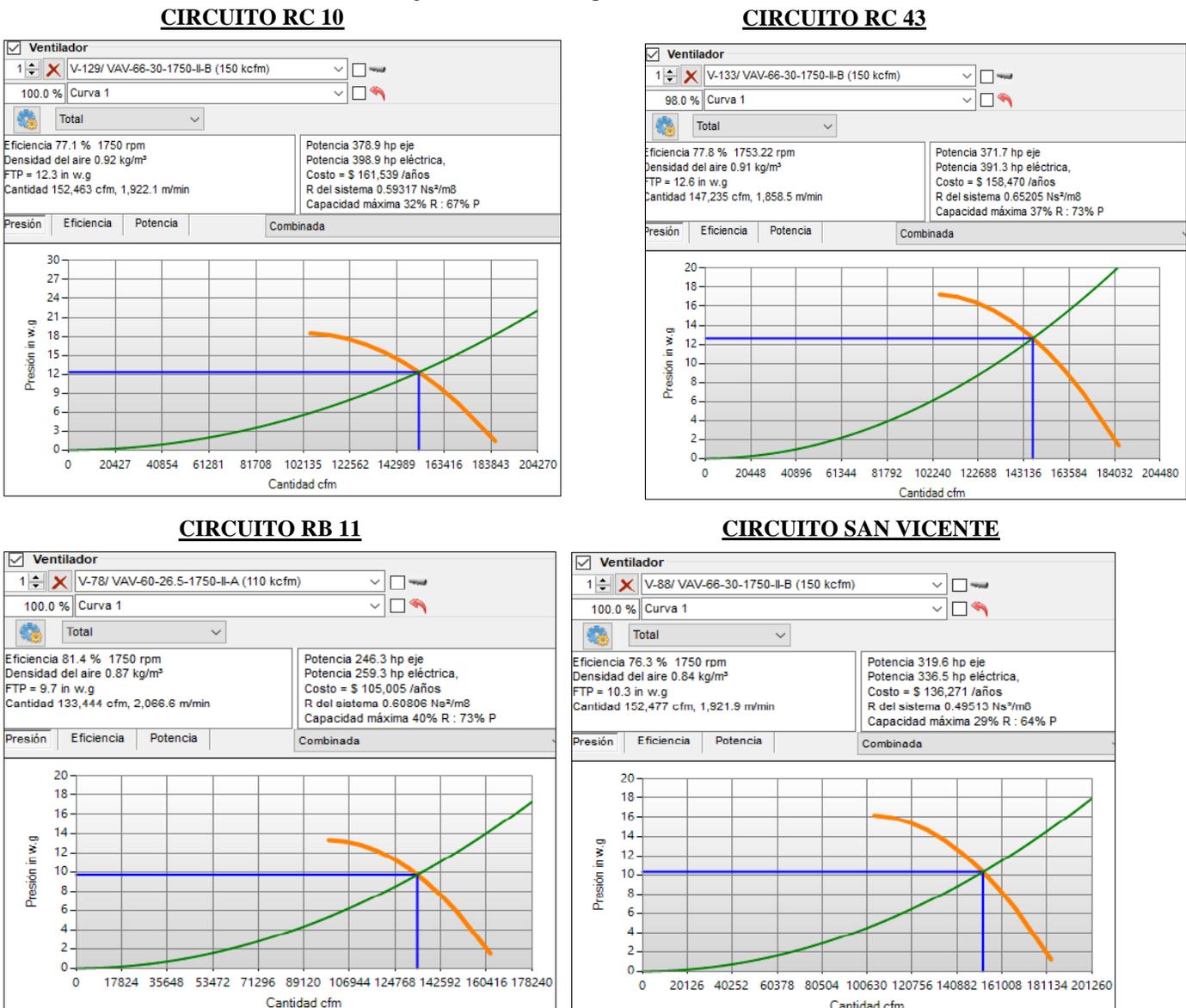
Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.8.3 Caracterización de ventiladores

En el sistema de ventilación de la U. M. “San Andrés” se tiene instalado 05 ventiladores principales extractores, 03 son de 150,000 cfm y 02 de 110,000 cfm que evacuan el aire viciado hacia superficie, los cuales fueron caracterizados sus curvas características (ver anexo IV) e importados al modelo 3D de la mina en el software Ventsim.

A continuación, se muestran las curvas características (color naranja) de los 05 ventiladores principales y 01 secundario vs la curva de resistencia de la mina que debe vencer (curva verde).

Figura 23. Curva de operación de los ventiladores



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.8.4 Calibración del modelo 3D de la mina en el Software Ventsim

La calibración consistió en lograr la correlación (comparación) de los flujos de aire entre los datos medidos en campo versus los datos que arroja el software Ventsim en el mismo punto de monitoreo. A menudo, los datos obtenidos en campo tienden a contener errores de medición, ya sea por el mal manejo, falta de mantenimiento y calibración de los instrumentos; también por equipos Diésel en movimiento, por las puertas o reguladores de aire abiertas o en mal estado, por el encendido o apagado de ventiladores al momento de la medición de los puntos de monitoreo, por cambios bruscos de la temperatura en superficie que afectan las mediciones tomadas en mina. 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 (Guang, Jinxin, Baisheng, Duncan y Zhuoming, 2017).

$$\text{Error porcentual}(\%) = \frac{\sum \text{Flujo Campo} - \sum \text{Flujo Simulado}}{\sum \text{Flujo Campo}} \times 100$$

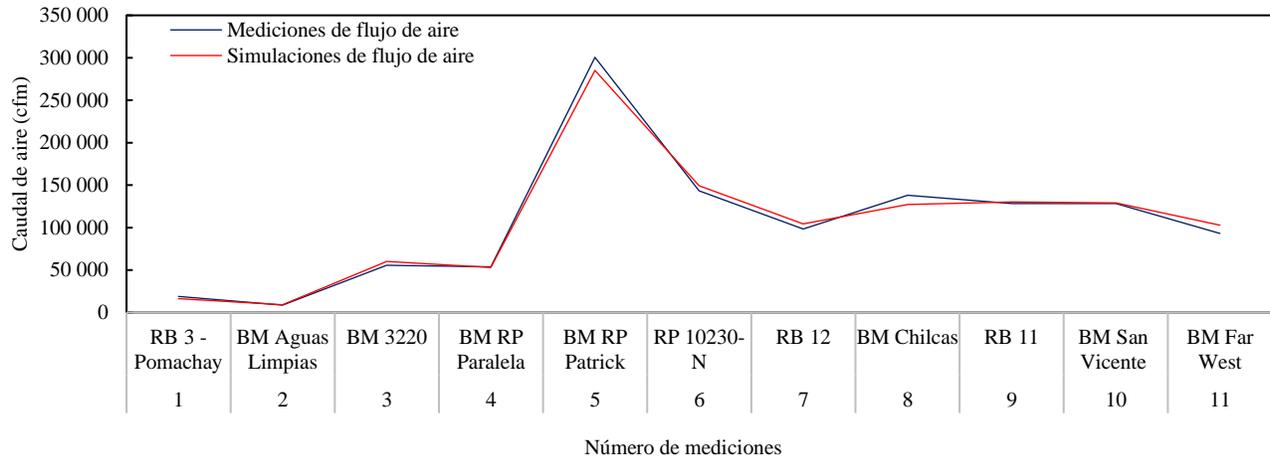
3.8.4.1 Correlación de estaciones de ventilación principales y secundarias

Los gráficos de correlación, incluyendo estaciones principales (mediciones en los ingresos y salidas de aire a superficie) como secundarias (mediciones en interior mina por zonas y niveles). Una vez que se obtenga más del 90% del total de las mediciones dentro del error porcentual ($\pm 10\%$) podremos decir que tenemos un modelo calibrado, y listo para realizar simulaciones con distintos escenarios para optimizar las condiciones ambientales en el interior de la mina.

3.8.4.1.1 Correlación de estaciones de ventilación principales

En la figura 24, se puede visualizar la correlación de los valores de las mediciones vs las simulaciones de flujo de aire en las estaciones principales con un rango de variación del $\pm 10\%$.

Figura 24. Correlación de ingresos y salidas de aire

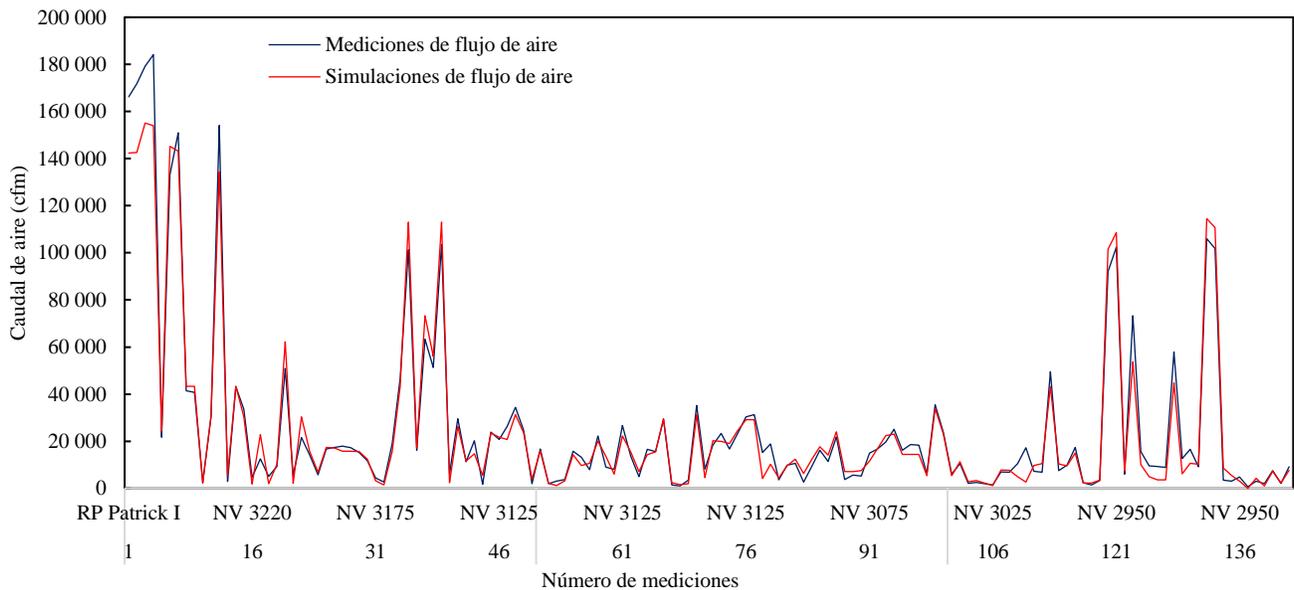


Fuente: Elaboración propia

3.8.4.1.2 Correlación de estaciones de ventilación secundaria

En la figura 25, 26, 27 y 28 se visualizan las correlaciones de las estaciones secundarias por niveles y zonas de la mina. En la parte inferior de la figura se visualizan la cantidad de puntos de monitoreo (Nro. de mediciones) que se realizaron en cada nivel.

Figura 25. Correlación de estaciones secundarias, zona Chilcas y San Vicente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Correlación de estaciones secundarias, zona Valeria I.

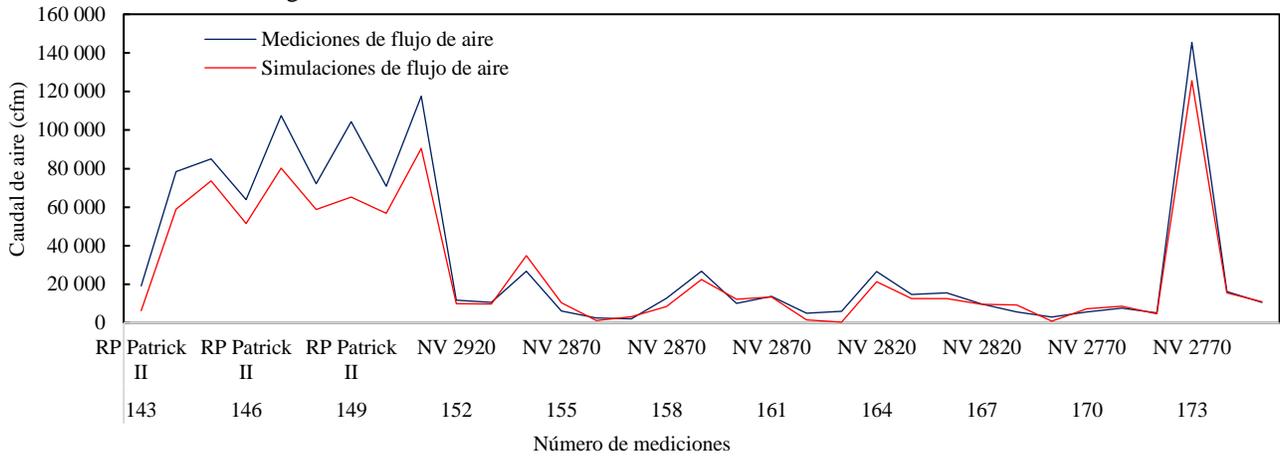


Figura 26. Correlación de estaciones secundarias, zona Valeria II - III.

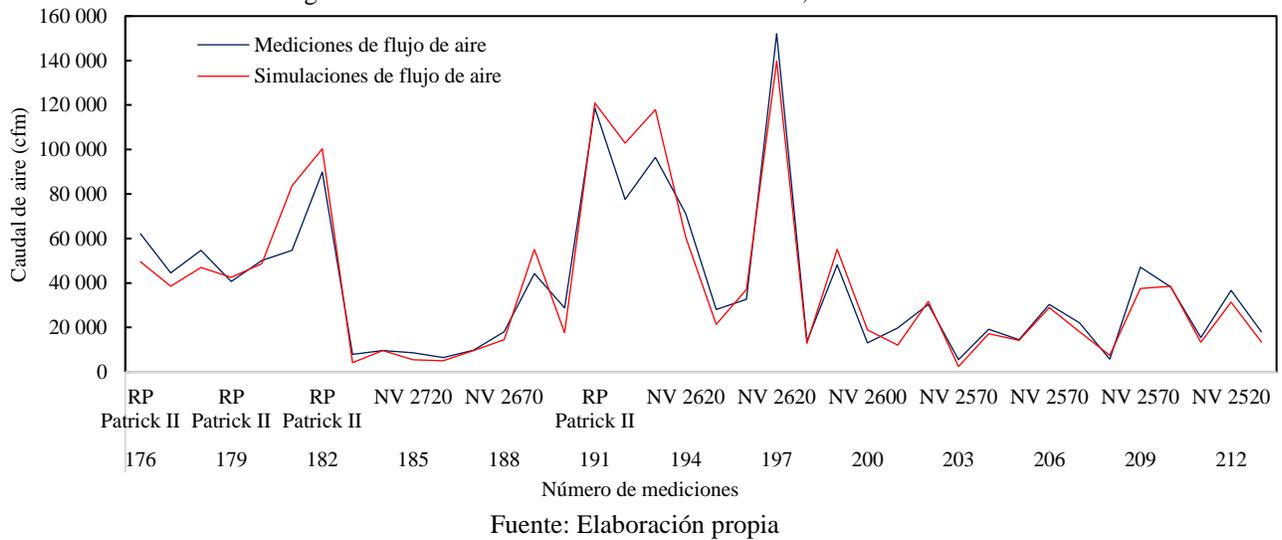
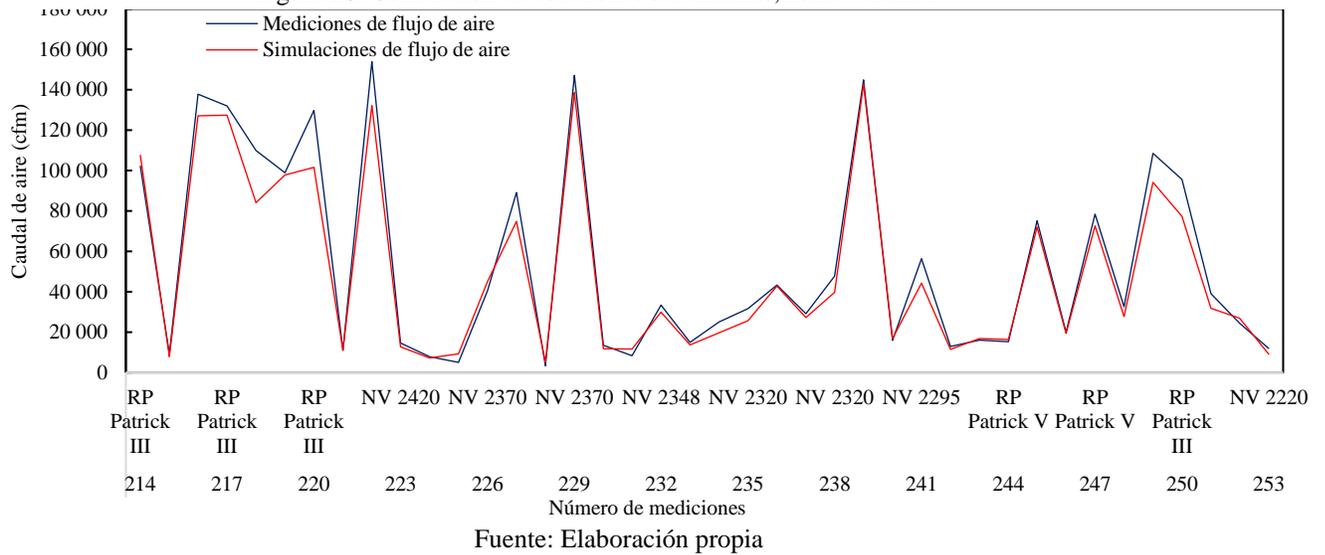


Figura 28. Correlación de estaciones secundarias, zona Valeria IV - V.



3.8.4.2 Resumen de la red de ventilación en el Software Ventsim

El caudal de ingreso es 569,583 cfm y caudal de salida es 593,185 cfm con una variación de 4.14%.

$$\% \text{ Var. Flujo de aire global} = \frac{\sum \text{Flujo Campo} - \sum \text{Flujo Simulado}}{\sum \text{Flujo Campo}} \times 100$$

$$\% \text{ Var. Flujo de aire global} = \frac{580,888 - 569,583}{580,888} \times 100$$

$$\% \text{ Var. Flujo de aire global} = 1.95 \%$$

Tabla 58. Resumen de la red del sistema en condiciones actuales

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
U. M. San Andrés MARSA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	0: CALIBRACIÓN JUL.
Conductos de aire	53305y 15 Exclusión
Segmentos de etapa actual	25759 y 11 Exclusión
Longitud total	482,708.8 m
Caudal de aire total de admisión	569,583 cfm
Caudal de aire total de escape	593,185 cfm
Flujo de masa total	233.04 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.05360 Ns ² /m ⁸
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.10637 Ns ² /m ⁸

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.8.4.3 Potencia Eléctrica Instalada (jul. 2022)

La potencia eléctrica instalada en Ventsim indica un total de 4,573.2 hp, que genera un costo de energía anual de US\$ 1,852,193, este valor representa el funcionamiento de 101 ventiladores: 05 principales, 01 secundarios y 95 auxiliares.

$$\% \text{ Var. Pot. global instalada} = \frac{\sum \text{Pot. Campo} - \sum \text{Pot. Simulada}}{\sum \text{Pot. Campo}} \times 100$$

$$\% \text{ Var. Pot. global instalada} = \frac{4,633.2 \text{ hp} - 4,573.2 \text{ hp}}{4,633.2 \text{ hp}} \times 100$$

$$\% \text{ Var. Pot. global instalada} = 1.30 \%$$

Tabla 59. Resumen de potencia eléctrica en condiciones actuales

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	2,946.5 hp Total
	575.5 hp Chimenea
	909.3 hp Conducir
	1,461.7 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	4,573.2 hp

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

De la tabla 59 se puede apreciar el consumo de potencia eléctrica de los ventiladores para vencer los siguientes aspectos:

- 2,946.5 hp para vencer el factor de fricción de las paredes de las labores horizontales.
- 575.5 hp para vencer el factor de fricción de las paredes de las labores verticales.
- 1,461.7 hp para vencer el factor de fricción de los ductos de ventilación.

3.8.4.4 Costo de energía anual

En la U. M. San Andrés MARSÁ el costo unitario de energía es 0.062 US\$/kw-hr. De acuerdo con las mediciones realizadas en campo de voltaje, amperaje, factor de potencia y propiedades físicas de todos los ventiladores principales, secundarios y auxiliares se calculó el consumo energético anual en condiciones actuales de 1'850,773 US\$/año y el costo de energía simulado en el software Ventsim es de 1'852,193 US\$/año.

$$\% \text{ Var. Costo energía instalada} = \frac{\sum \text{Pot. Campo} - \sum \text{Pot. Simulada}}{\sum \text{Pot. Campo}} \times 100$$

$$\% \text{ Var. Costo energía instalada} = \frac{1'850,773 - 1'852,193}{1'850,773} \times 100$$

$$\% \text{ Var. Costo energía instalada} = -0.08 \%$$

Tabla 60. Resumen del costo de energía anual en condiciones actuales

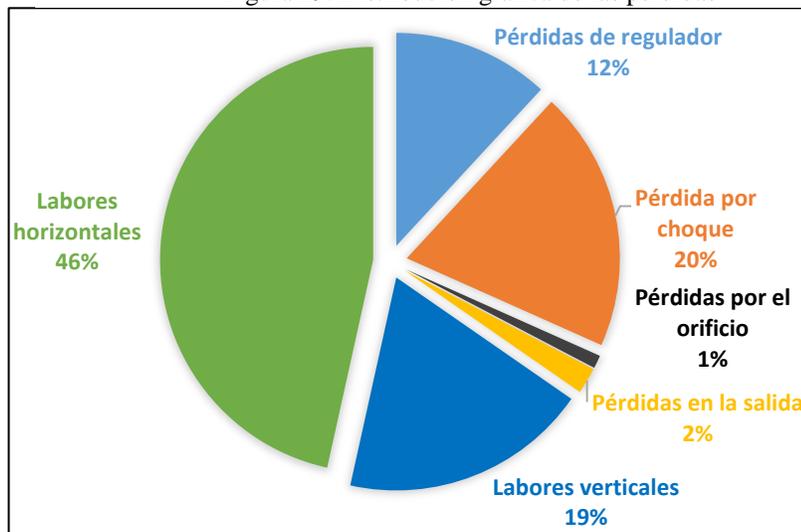
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	2,946.5 hp Total
	575.5 hp Chimenea
	909.3 hp Conducir
	1,461.7 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	4,573.2 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 1,852,193
Eficiencia de la red	64.4 %

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.8.4.5 Distribución de las pérdidas de energía en el sistema de ventilación

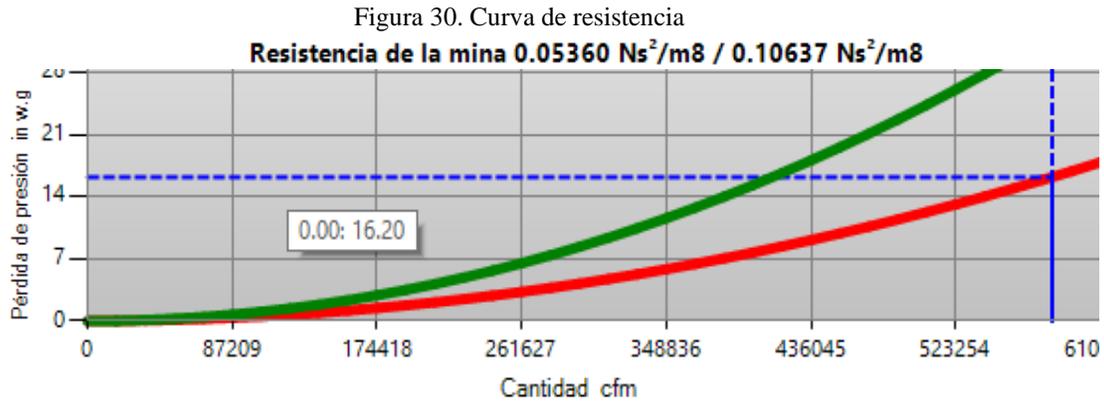
El software Ventsim nos permite conocer cómo se distribuyen las pérdidas del consumo de energía en el recorrido del aire en todo el sistema de ventilación de la mina. Principalmente es por fricción en labores horizontales (galerías, cruceros, rampas, niveles y subniveles) un 46%, pérdidas por factor de choque un 20% y por fricción en labores verticales (chimeneas, inclinados, Raise bore y Alimak) un 19%, ello se debe a lo irregular y reducida sección que presentan las labores tanto verticales y horizontales al ser una mina en su mayor parte convencional.

Figura 29. Distribución gráfica de las pérdidas



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.8.4.6 Curva de resistencia de la mina y caída de presión total



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

La resistencia de la mina es $0.05360 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$, cuya caída de presión es 16.20 “CA.

3.8.5 Simulación de calor

Para la simulación de calor se han considerado los siguientes aspectos:

- ⊕ Equipos Diésel en operación
- ⊕ Temperatura de la roca virgen
- ⊕ Temperatura de la roca superficial
- ⊕ Gradiente geotérmica
- ⊕ Temperatura de bulbo seco del ambiente
- ⊕ Temperatura de bulbo húmedo del ambiente
- ⊕ Humedad relativa del ambiente

3.8.5.1. Parámetros térmicos para equipos Diésel

Para la calibración del sistema de ventilación por temperatura es importante considerar el efecto termodinámico que generaran los equipos Diésel a la hora de su funcionamiento en el interior de la mina, produciéndose incrementos bruscos en las temperaturas de bulbo seco y húmedo, así como también en la humedad relativa a la hora de transitar por una labor de trabajo ya sea en la rampa principal, galerías, cruceros, frentes operativos de avance, desarrollo o de exploración.

A continuación, se muestra la tabla de los equipos Diésel los cuales afectan en mayor proporción a que se eleven las temperaturas de todas las labores mineras y sus indicadores mecánicos.

Tabla 61. Indicadores mecánicos de los equipos Diésel en funcionamiento

Ítem	Equipo	Marca	Modelo	Potencia Nominal (Hp)	Factor de Altura	Potencia Efectiva (Hp)
1	Scoop Diesel 6.2 yd3	Caterpillar	R1600g	270	84%	226.8
2	Scoop Diésel 2.5 yd3	Atlas Copco	ST2 G	150	84%	126.0
3	Scoop Diesel 4.1 yd3	Caterpillar	R1600g	165	84%	138.6
4	Volquete	Volvo	FMX 8X4 R	480	79%	379.2

Fuente: Área de mantenimiento de la Unidad Minera MARSA

A continuación, se calculan los parámetros termodinámicos de los equipos Diésel de la tabla 61 con ayuda del software Ventsim como se muestra en el siguiente gráfico para cada equipo en particular.

Figura 31. Asistente de calor del Software Ventsim para equipos Diésel

The screenshot shows the 'Asistente de calor' window with the following data:

Datos de entrada del motor	
Potencia máxima nominal del motor	226.8 hp
% Eficiencia diesel	35
Utilización pico %	25
% Conversión a energía potencial	0

Fuente de calor del diesel estimada	
Promedio de salida del motor	56.7 hp
<i>El cual es equivalente a...</i>	
Calor sensible	4,416 Btu/min
Calor latente	2,455 Btu/min

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Con la ayuda del asistente de calor del software Ventsim como se aprecia en la figura 31, podremos obtener los siguientes parámetros termodinámicos para cada equipo Diésel de la tabla 61.

Los resultados se muestran en la tabla 62 a continuación:

Tabla 62. Parámetros termodinámicos de los equipos Diésel

Ítem	Equipo	Potencia Efectiva (Hp)	% Eficiencia Diésel	Utilización Pico %	Promedio salida del motor (Hp)	Calor sensible (Btu/Min)	Calor latente (Btu/Min)
1	Scoop Diésel 6.2 yd3	226.8	35%	25%	56.7	4,416	2,455
2	Scoop Diésel 2.5 yd3	126.0	35%	25%	31.5	2,453	1,364
3	Scoop Diésel 4.1 yd3	138.6	35%	25%	34.65	2,698	1,500
4	Volquete	379.2	35%	25%	94.8	7,383	4,104

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Los resultados obtenidos en la tabla 62 se configuran en el modelo 3D del sistema de ventilación de la mina para realizar las simulaciones de calor y obtener valores similares a los que se midieron en el interior de la mina a la hora de la toma de datos. Los valores que se compararon son las temperaturas de bulbo seco y húmedo.

3.8.5.2. Temperatura de roca virgen

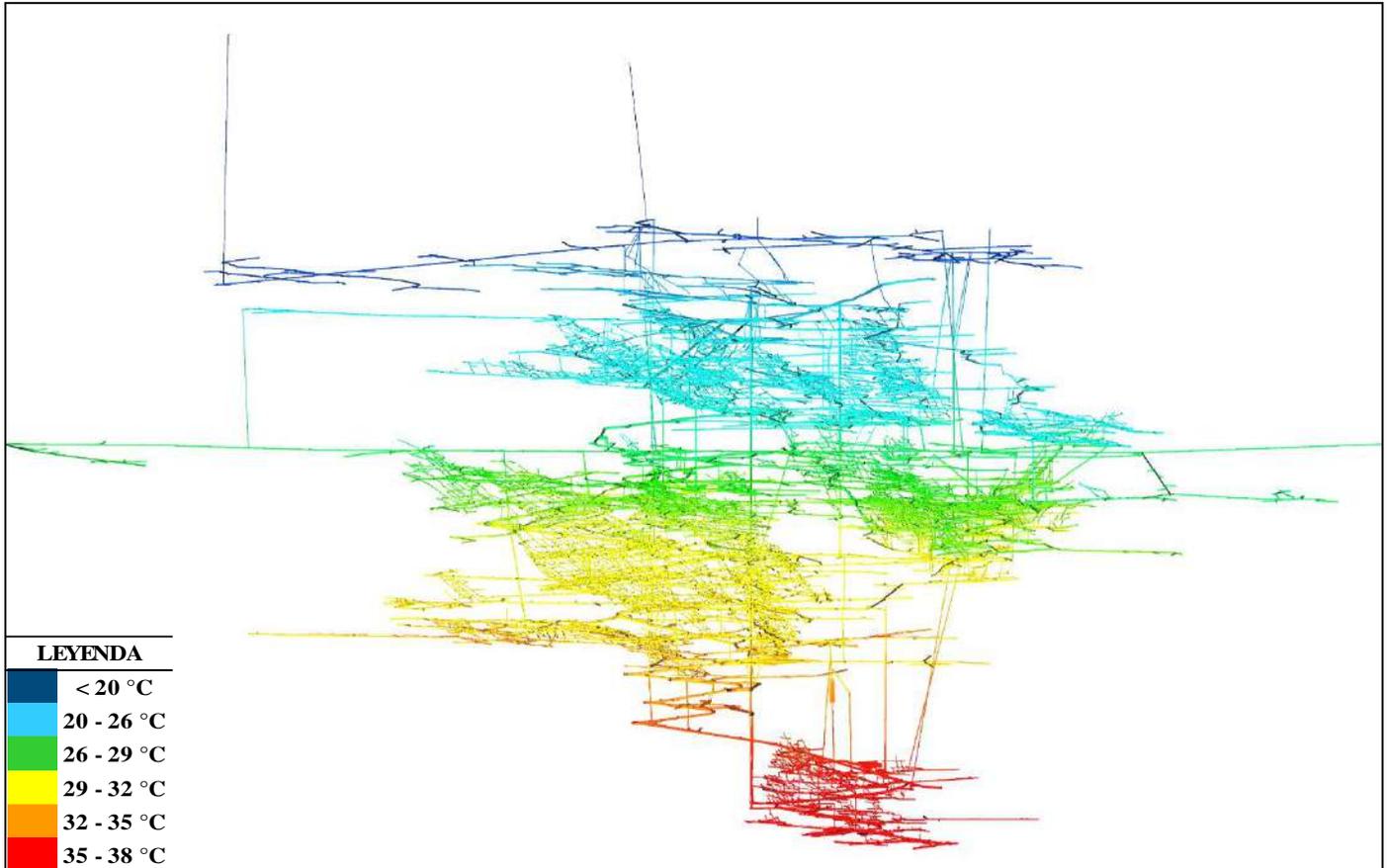
La temperatura de roca virgen no es otra cosa que la temperatura del macizo rocoso antes de minarlas o hacer una abertura, ya que al realizar una voladura y rotura del macizo rocoso esta cambia su temperatura ya que por ahí transitarán equipos a diésel los cuales afectan a la temperatura de la roca, llamado este proceso transferencia de calor.

La medición de esta temperatura de roca virgen se realiza por medio de la realización de un taladro en la roca e ingresar un instrumento dentro del taladro para poder saber cuál es la temperatura de la roca en el tope del taladro.

En cambio, cuando la mina está en operación no se puede realizar la medición en la superficie de la roca porque el valor es alterado por los equipos petroleros que pasan por allí.

A continuación, en el plano siguiente se muestra la temperatura de roca virgen de toda la mina 3D representado por colores

Plano 11. Plano de la temperatura de roca virgen de toda la mina



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

3.8.5.3. Temperatura de roca superficial

La temperatura de la roca superficial de la mina se llega a medir en la bocamina principal de acceso de personal y equipos al interior de la mina; en caso hayan más de un acceso se toma la medida promedio de las temperaturas superficiales de ambas bocaminas o se toma la temperatura de la bocamina por donde ingresa mayor caudal de aire al interior de la mina.

El instrumento de medición de temperatura de bulbo seco o superficial lo podemos hacer con cualquiera que mida la temperatura de bulbo seco y húmedo, llamados: termómetro o sonda de termohigrómetro.

Para el caso de estudio se midió con una sonda de termohigrómetro donde se obtuvo la medición de 16 °C (60.8 °F) en superficie, cabe mencionar que la hora de la medición debe ser la misma que la hora de las mediciones de caudal y temperatura en el interior de la mina para poder calibrar el modelo 3D del sistema de ventilación.

3.8.5.4. Gradiente geotérmica (GG)

La gradiente geotérmica se refiere a cuanto incrementa la temperatura de la roca por cada 100 metros perpendicularmente que se profundice la mina, para ello se mide en varios niveles de la mina la temperatura de la roca con un instrumento llamado: sonda de inmersión.

Previamente se debió realizar una perforación en la roca de unos 30 cm a más (taladro), para luego de unos minutos realizar la medición con la sonda de inmersión y anotar tanto la temperatura que arroja el instrumento como la cota donde se realizó la medición.

A continuación, se detalla las mediciones que se tomaron para nuestro estudio.

Tabla 63. Gradiente geotérmica de la mina

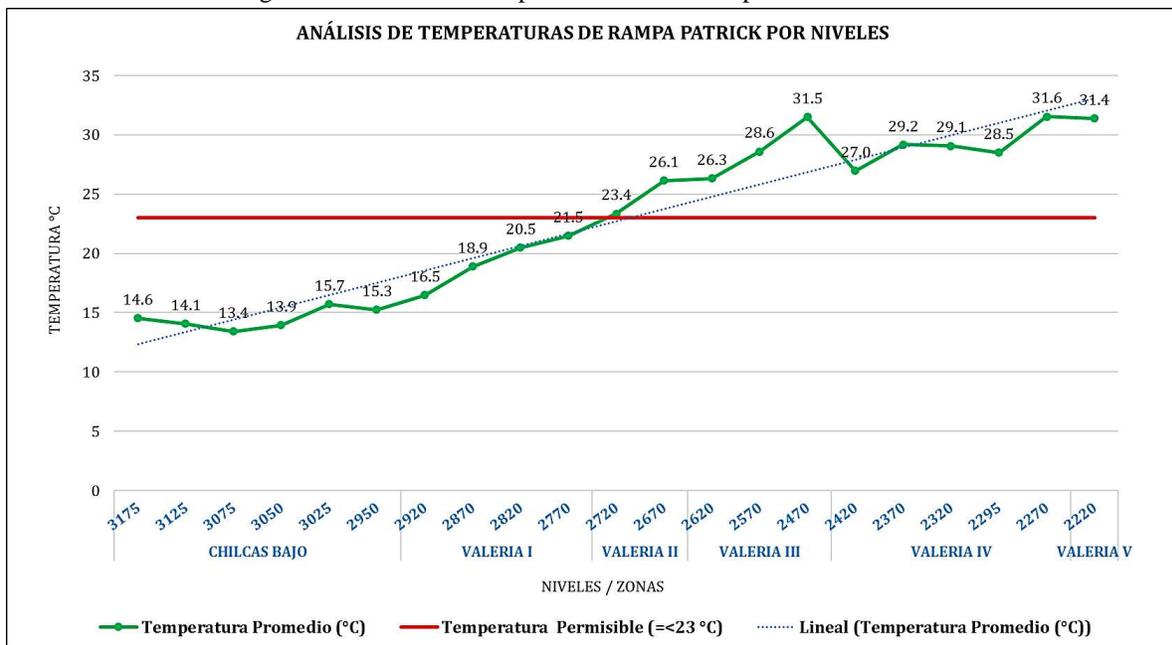
Nivel	T° roca
3175	14.0
3025	15.8
2920	17.3
2820	19.4
2720	21.5
2670	22.1
2620	23.2
2370	26.5
2220	28.4
GG	1.50 °C/100m

Fuente: Elaboración propia

3.8.5.5. Temperatura de bulbo seco del ambiente

Se realizaron las mediciones de temperatura de bulbo seco a lo largo de la Rampa Patrick (acceso principal de equipos Diésel, desde superficie hasta el interior de la mina interceptando todas las zonas operativas, además que es el tránsito de carga de mineral hacia la planta de tratamiento y el desmante o material estéril hacia el botadero); obteniéndose el registro de 89 estaciones medidas, de las cuales se hizo un promedio por nivel con el fin de saber cómo iba aumentando la temperatura conforme descendíamos hacia la zona más profunda de la mina.

Figura 32. Análisis de temperaturas RP Patrick por niveles.



Fuente: Elaboración propia

Se observa el incremento de la temperatura a partir del Nv 2720 hasta el nivel más profundo de la rampa Patrick V en el Nv 2220.

Este resultado nos muestra que en las zonas más profundas de la mina se tienen temperaturas promedio de cada nivel entre 29 a 31°C, generando que las condiciones ambientales en el lugar de trabajo no sean las favorables para el personal; ya que se reduce la productividad y eficiencia del

trabajador para cumplir con su jornal diario. Teniendo demoras en el proceso de la extracción del mineral.

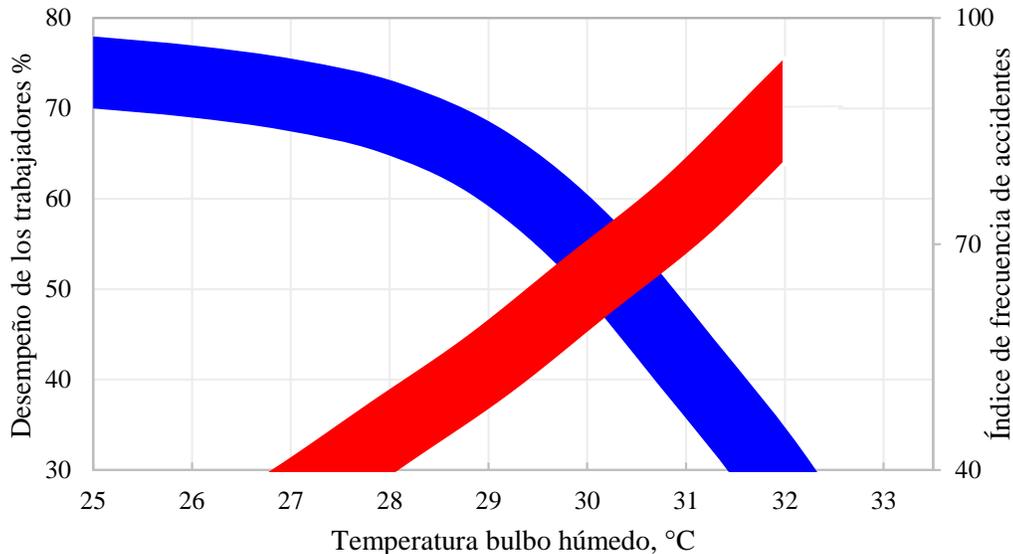
3.8.5.6. Efecto del clima en la mina sobre la productividad

Las condiciones calurosas de trabajo afectan las condiciones psicológicas y fisiológicas de los trabajadores, quienes se encuentran expuestos las 8 horas de trabajo continuo a esas condiciones climáticas afectando su rendimiento de trabajo, se puede esperar que a medida que la capacidad de enfriamiento de la corriente de aire del ambiente disminuye por debajo de 300 W/m^2 , el personal se volverá sustancialmente menos efectivo. Habiendo una alta probabilidad de que se eleven las tasas de incidentes y accidentes además de problemas de ausentismo del personal. (McPherson, 2016).

Es relativamente fácil demostrar la influencia debilitante del calor en el rendimiento del trabajo individual. En la figura 51 resume los resultados obtenidos del monitoreo de la efectividad de los hombres aclimatados que participan en el trabajo manual de un frente (Poulton, 1970). El trabajo consistía en palear la roca fragmentada en los vagones de mineral. La temperatura del aire casi saturado y la velocidad del aire en el lugar de trabajo fueron variadas para dar el rango de temperaturas de bulbo húmedo mostrado en la figura en la curva de color azul. El rendimiento del trabajo a una temperatura de bulbo húmedo de 25°C fue para representar el 75 por ciento. Los resultados muestran que la eficiencia del trabajo comienza a sufrir a una temperatura de bulbo húmedo de alrededor de 27°C y disminuye rápidamente cuando la temperatura de bulbo húmedo excede los 29°C . Este último se aproxima a una capacidad de enfriamiento del aire de unos 270 W/m^2 para el personal sin ropa. (McPherson, 2016)

La región de color rojo de la figura 33 nos indica que cuando la temperatura de bulbo húmedo del frente de trabajo esté en 27°C el índice de frecuencia de accidentes será del 40% y cuando la temperatura de bulbo húmedo aumente hasta los 32°C el índice de frecuencia de accidentes aumentará también proporcionalmente, pudiéndose tener pérdidas humanas y económicas para la empresa minera.

Figura 33. Influencia de la temperatura de bulbo húmedo en el rendimiento del trabajador.

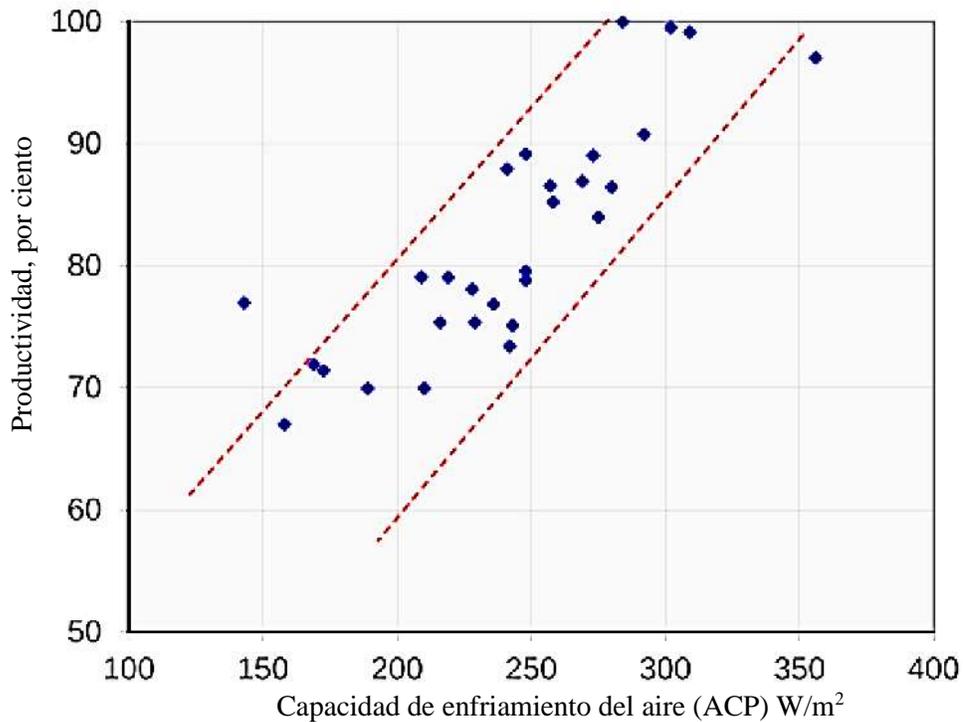


Fuente: Según (Poulton, 1970)

Según la figura 32, nuestras operaciones en los niveles más profundos se encuentran con temperaturas de bulbo húmedo de 28° hasta los 30°C y llevándolo esas temperaturas a la figura 33, podemos llegar a la conclusión que el índice de frecuencia que ocurra un accidente es alto; es por ello por lo que en el capítulo IV el propósito de la tesis es bajar las temperaturas en las zonas profundas mediante la evaluación técnica y económica de varios escenarios.

En la figura 34 representa los resultados reportados en un estudio exhaustivo de Howes (1978), quien utilizó las estadísticas recopiladas por la Cámara de Minas para las minas auríferas en Sudáfrica. La capacidad de enfriamiento del aire utilizada en esta figura era una versión temprana de la ACP.

Figura 34. Efecto de la capacidad de enfriamiento del aire en la productividad.



Fuente: Según (Howes, 1978)

La correlación entre las figuras 33 y 34 es clara para una operación laboral intensa. Sin embargo, cualquier entorno que provoque malestar físico implicará una disminución en los estándares de cuidado y atención. El potencial de accidentes y la pérdida de producción es mayor en una operación mecanizada, donde el error cometido por una persona puede tener graves repercusiones. La baja moral y la irritabilidad, que a menudo aparecen como síntomas tempranos del estrés térmico, pueden conducir fácilmente a relaciones laborales tensas. Esto puede tener efectos desastrosos sobre la rentabilidad general de la mina. Además, el costo del personal adicional requerido para compensar el ausentismo en las minas calientes puede ser alto en un mercado de trabajo caro.

El fracaso en la creación de un entorno subterráneo de trabajo razonablemente cómodo no solo pone en riesgo la salud y seguridad de los trabajadores, sino que también da lugar a una menor productividad y rentabilidad. (McPherson, 2016).

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Diseño de las alternativas para la mejora continua al corto plazo

Las condiciones del sistema de ventilación en la Unidad Minera Aurífera Retamas S. A., exige realizar un estudio detallado para brindar confort al personal y lograr la continuidad dentro de las operaciones.

La finalidad de esta actividad es evitar la recirculación de aire fresco, así como también aire viciado, habiéndose comprobado en el terreno condiciones subestándares que deberían ser reparadas.

De acuerdo con el levantamiento de ventilación realizado, es necesario la ejecución de un plan de trabajo a corto plazo; por ello se han establecido los siguientes escenarios.

Con la finalidad de tomar decisiones se han elegido simular combinaciones de ejes de ventilación de extracción de aire y habilitando ejes de ventilación existentes que están taponeadas, entre ellos: RC 10, RC 05, RB 11 y RB 03.

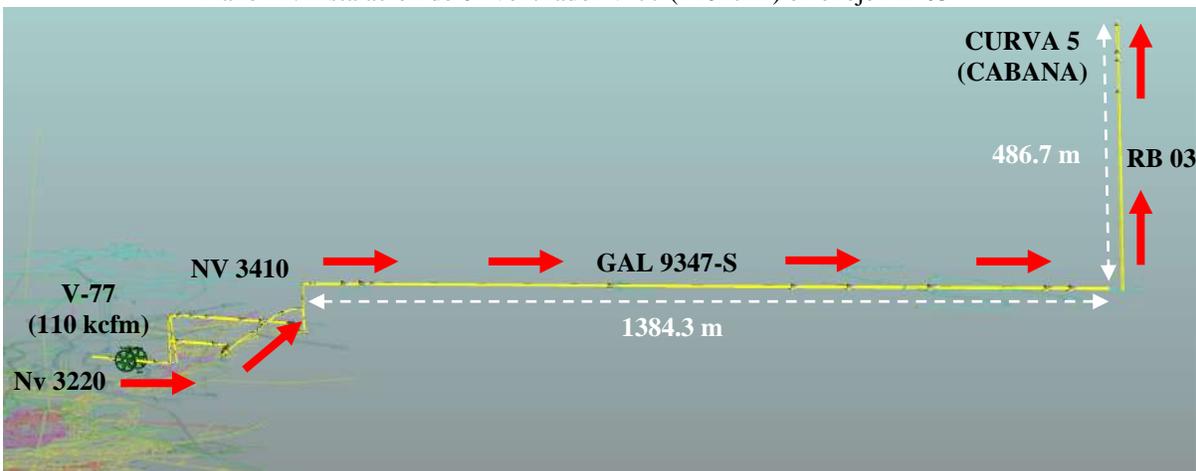
Este análisis consiste en optar por la alternativa óptima, tomando en cuenta los siguientes factores: disminución de la temperatura de bulbo seco y húmedo en las zonas profundas, incremento de caudal de ingreso de aire, menor caída de presión y menor consumo de potencia eléctrica instalada, cobertura de aire global.

4.1.1. Escenario 1: RB 03 (110 kcfm) y RC 05 (110 kcfm)

En el eje RB 03 se plantea invertir el flujo de aire como salida de aire viciado en vez que este como ingreso de aire ya que por ese eje solamente está ingresando 18,738 cfm, por ello se proyecta instalar un ventilador extractor que se encontraba en stand by V-77 (110 kcfm) y regular el ángulo de álabe de 50° a 60°, con el propósito de obtener mayor presión total de trabajo, pero menor caudal de extracción de aire. Este eje servirá para evacuar el aire viciado de la zona de Chilcas Bajo sector de Millón 1 y 2 (Veta Cabana R-3), nivel 3125.

A continuación, en la figura 53 el ventilador V-77 se instalará como extractor en el nivel 3220 y evacuará el aire viciado hacia el eje del RB 03 que está conectado a superficie.

Plano 12. Instalación de 01 ventilador V-77 (110kcfm) en el eje RB 03



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

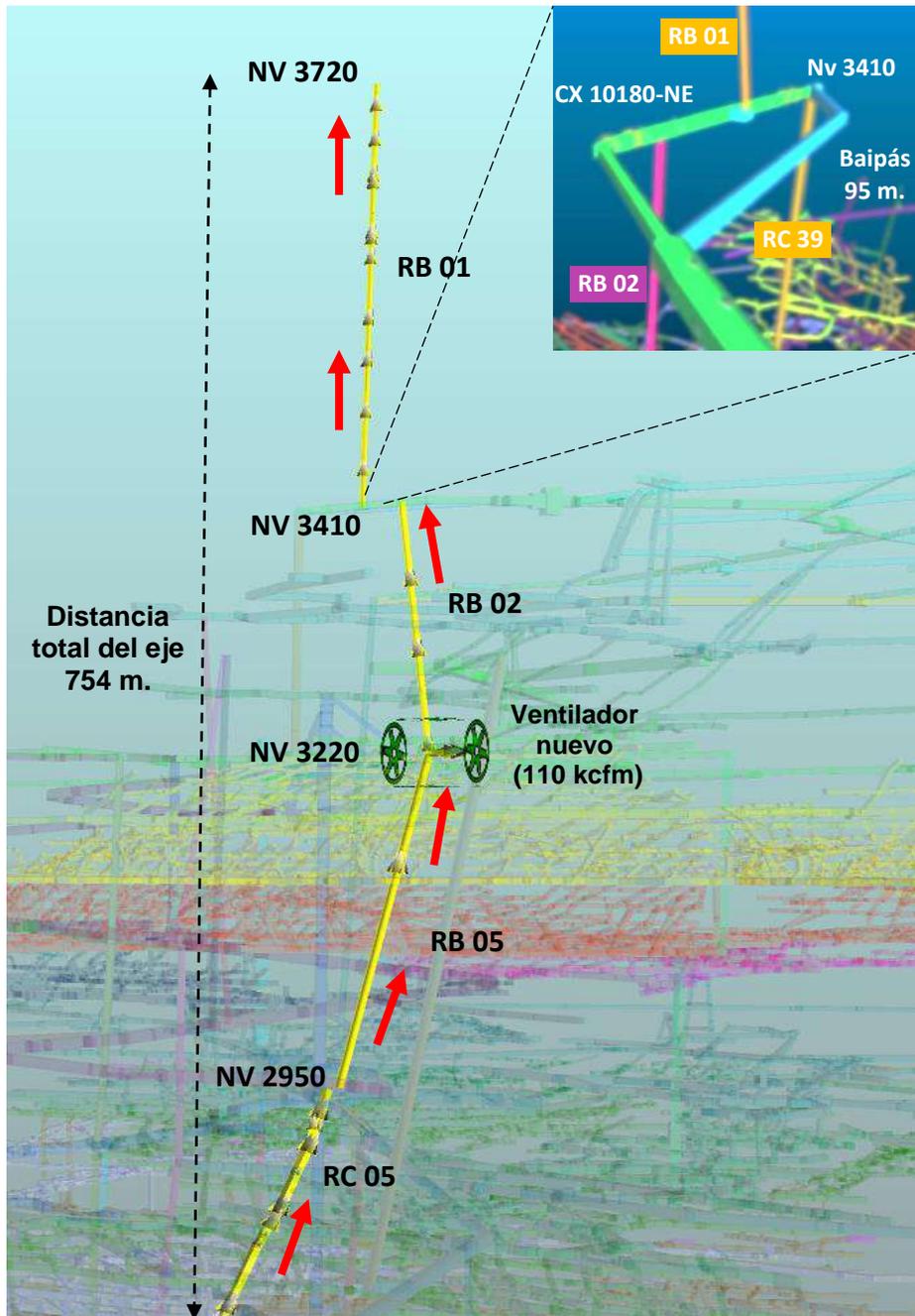
El eje RC 05 es posible utilizarlo como un eje nuevo de extracción de aire viciado hasta superficie, a través de las siguientes labores verticales RB 05, RB 02 y RB 01 como se muestra en la figura 54; actualmente el RB 02 y RB 01 que conecta a superficie está bloqueado caso contrario el ventilador V-88 que está en el circuito San Vicente tomaría aire fresco de este RB y lo evacuaría a superficie por la BM San Vicente ya que están conectados en el nivel 3410.

Es por eso por lo que se proyectó realizar las siguientes actividades:

1. Reubicar el ventilador V-88 (150 kcfm) del circuito San Vicente del Nv 3410 al Nv 3220. Con el objetivo de que cuando se desbloquee el RB 01 (que está conectado a superficie) no se tome aire de esa labor, sino que se evacuen tanto por el RB 01 y la BM San Vicente.
2. Construir un baipás en el Nv 3410 de una longitud de 95 metros, Instalar compuertas en los extremos del CX 10180-NE (Nv 3410) para independizar el circuito RC 05.
3. Hacer la compra de un nuevo ventilador de un caudal de 110 kcfm y una presión total de trabajo de 15" C.A. a una altitud sobre el nivel del mar de 3400 metros.
4. Instalar el ventilador nuevo de 110 kcfm con variador de frecuencia en el Nv 3220, e instalar compuertas para direccionar la extracción del aire viciado desde el nivel 2420.

Este eje RC 05 servirá para evacuar el aire viciado de las zonas Valeria IV y V (Veta BB y Daniela) desde los niveles 2220 y 2420.

Plano 13. Instalación de 01 ventilador (110 kcfm - variado a 80 kcfm) en el eje RC 05



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Resultados obtenidos de la implementación de los 02 ventiladores; uno en el eje RB 03 (110 kcfm) y el otro en el RC 05 (110 kcfm).

Tabla 64. Resultados del Escenario 1

Descripción	Und.	Escenario 01
		RC 05 (110 kcfm) RB 03 (110 kcfm)
		Esc. 01
Caudal de ingreso (Qi)	cfm	716,781
Caudal req. (Qr)	cfm	571,814
Cobertura	%	125%
Superávit	cfm	144,967
Pot. Eléctrica instalada	HP	5,216
Costo por cons. Energético	US\$/año	2,081,490
Resistencia de la mina	Ns2/m8	0.0354
Caída de presión	"CA	17.05

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

4.1.2. Escenario 2: RB 03 (110 kcfm), RC 05 (110 kcfm) y RB 11 (2 x 200 kcfm)

En el eje RB 03 se plantea invertir el flujo de aire como salida de aire viciado, por ello se proyecta instalar un ventilador extractor que se encontraba en stand by V-77 (110 kcfm) y regular el ángulo de álabe de 50° a 60°. Como se puede observar en la figura 53 el ventilador V-77 se instalará como extractor en el nivel 3220 y evacuará el aire viciado hacia superficie.

El eje RC 05 se utilizará como un eje nuevo de extracción de aire viciado hasta superficie, a través de las siguientes labores verticales RB 05, RB 02 y RB 01 como se muestra en la figura 54.

Es por eso por lo que se proyectó realizar las siguientes actividades:

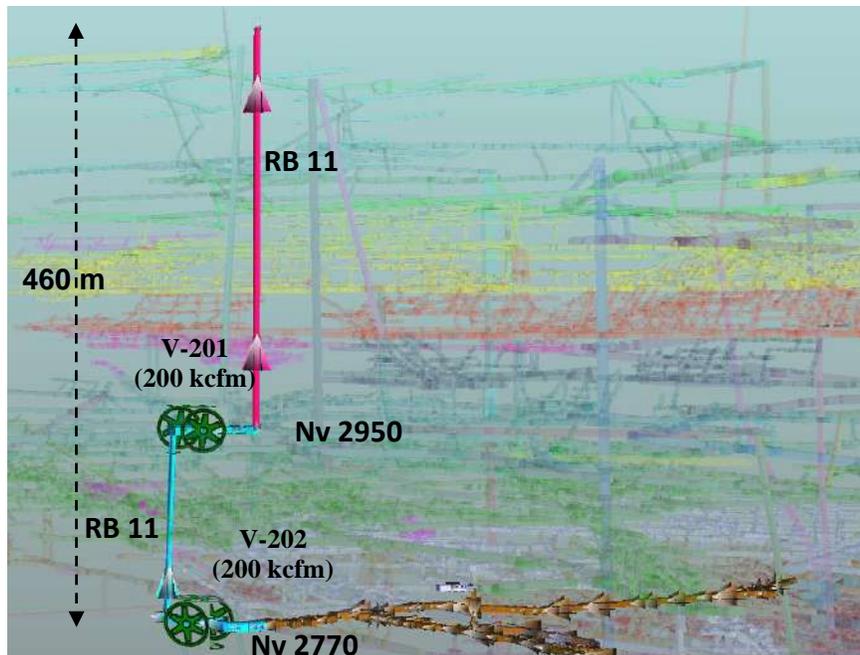
1. Reubicar el ventilador V-88 (150 kcfm) del circuito San Vicente del Nv 3410 al Nv 3220. Con el objetivo de que cuando se desbloquee el RB 01 (que está conectado a superficie) no se tome aire de esa labor, sino que se evacuen tanto por el RB 01 y la BM San Vicente.
2. Construir un baipás en el Nv 3410 de una longitud de 95 metros, Instalar compuertas en los extremos del CX 10180-NE (Nv 3410) para independizar el circuito RC 05.

3. Hacer la compra de un nuevo ventilador de un caudal de 110 kcfm y una presión total de trabajo de 15" C.A. a una altitud sobre el nivel del mar de 3400 metros.
4. Instalar el ventilador nuevo de 110 kcfm con variador de frecuencia en el Nv 3220, e instalar compuertas para direccionar la extracción del aire viciado desde el nivel 2420.

Este eje RC 05 servirá para evacuar el aire viciado de las zonas Valeria IV y V (Veta BB y Daniela) desde los niveles 2220 y 2420.

En el eje RB 11 se plantea instalar 02 ventiladores de 200 kcfm (V-201 y V-202, stand by) como extractores en serie uno en el nivel 2770 y el otro en el nivel 2950, cuyo funcionamiento es con variador de frecuencia rpm al 90%. Este eje incrementa la salida de aire desde las zonas Valeria I y II (Veta Cachaco). En el nivel 2950 se retirará el ventilador de V-78 (110 kcfm) que se encuentra instalado.

Plano 14. Instalación de 02 ventiladores en el eje RB 11 (2 x 200 kcfm)



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Resultados obtenidos de la implementación de los 04 ventiladores; uno en el eje RB 03 (110 kcfm), el otro en el RC 05 (110 kcfm) y los otros 02 enseriados en el RB 11 (2 x 200 kcfm).

Tabla 65. Resultados del Escenario 2

Descripción	Und.	Escenario 02
		RC 05 (110 kcfm) RB 03 (110 kcfm) RB 11 (2x200 kcfm)
		Esc. 02
Caudal de ingreso (Qi)	cfm	781,015
Caudal req. (Qr)	cfm	571,814
Cobertura	%	137%
Superávit	cfm	209,201
Pot. Eléctrica instalada	HP	5,914
Costo por cons. Energético	US\$/año	2,359,969
Resistencia de la mina	Ns2/m8	0.0351
Caída de presión	"CA	20.09

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

4.1.3. Escenario 3: RB 03 (110 kcfm) y RB 11 (2 x 200 kcfm)

En el eje RB 03 se plantea invertir el flujo de aire como salida de aire viciado, por ello se proyecta instalar un ventilador extractor que se encontraba en stand by V-77 (110 kcfm) y regular el ángulo de álabe de 50° a 60°. Como se puede observar en la figura 53 el ventilador V-77 se instalará como extractor en el nivel 3220 y evacuará el aire viciado hacia superficie.

En el eje RB 11 se plantea instalar 02 ventiladores de 200 kcfm (V-201 y V-202, stand by) como extractores en serie uno en el nivel 2770 y el otro en el nivel 2950, cuyo funcionamiento es con variador de frecuencia rpm al 90%. Este eje incrementa la salida de aire desde las zonas Valeria I y II (Veta Cachaco). En el nivel 2950 se retirará el ventilador de V-78 (110 kcfm) que se encuentra instalado. Como se muestra en la figura 55 anteriormente.

Resultados obtenidos de la implementación de los 03 ventiladores; uno en el eje RB 03 (110 kcfm) y los otros 02 enseriados en el RB 11 (2 x 200 kcfm).

Tabla 66. Resultados del Escenario 3

Descripción	Und.	Escenario 03
		RB 03 (110 kcfm) RB 11 (2x200 kcfm)
		Esc. 03
Caudal de ingreso (Qi)	cfm	718,979
Caudal req. (Qr)	cfm	571,814
Cobertura	%	126%
Superávit	cfm	147,165
Pot. Eléctrica instalada	HP	5,679
Costo por cons. Energético	US\$/año	2,266,464
Resistencia de la mina	Ns2/m8	0.0421
Caída de presión	"CA	20.36

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

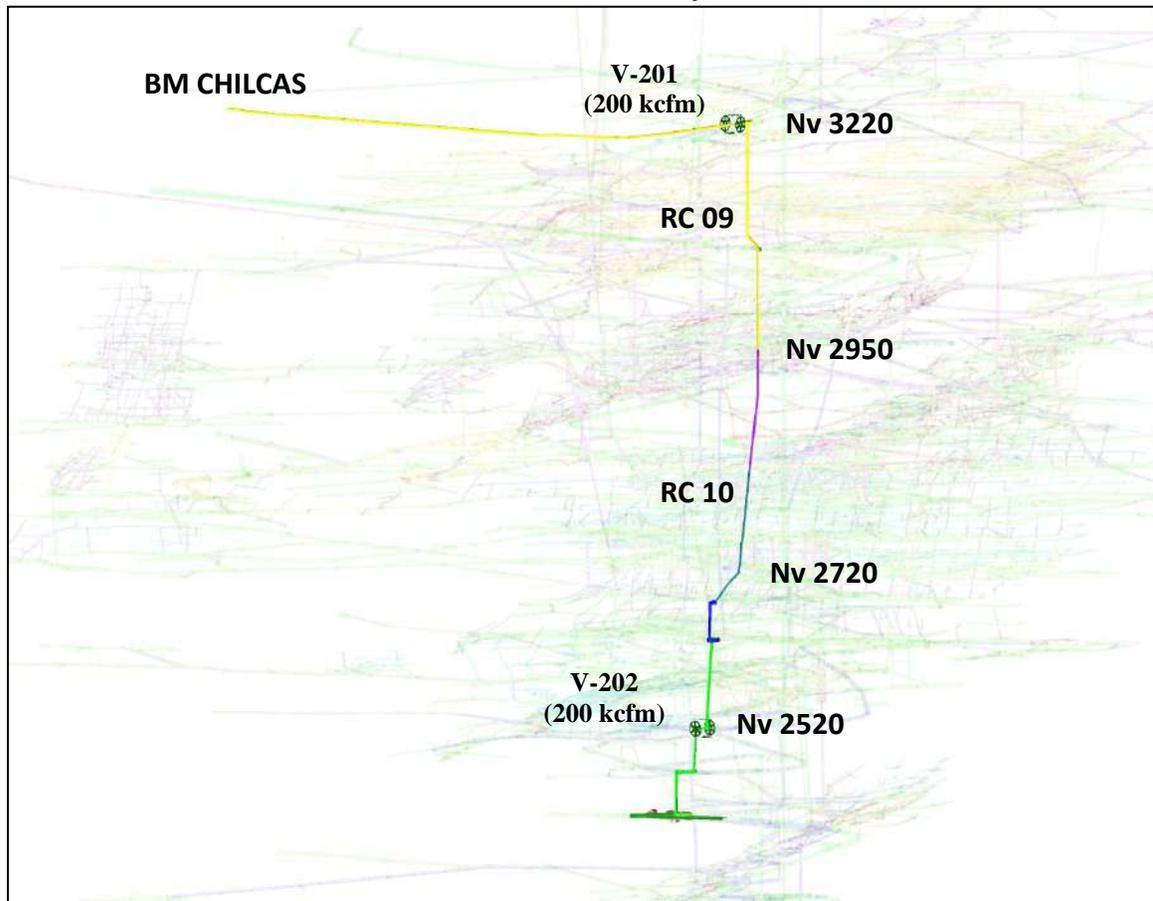
4.1.4. Escenario 4: RB 03 (110 kcfm) y RC 10 (2 x 200 kcfm)

En el eje RB 03 se plantea invertir el flujo de aire como salida de aire viciado, por ello se proyecta instalar un ventilador extractor que se encontraba en stand by V-77 (110 kcfm) y regular el ángulo de álabe de 50° a 60°. Como se puede observar en la figura 53 el ventilador V-77 se instalará como extractor en el nivel 3220 y evacuará el aire viciado hacia superficie.

En el eje RC 10 se plantea instalar 02 ventiladores de 200 kcfm (V-201 y V-202, stand by) como extractores en serie uno en el nivel 3220 y el otro en el nivel 2520, cuyo funcionamiento es con variador de frecuencia rpm al 90%. Este eje incrementa la salida de aire desde la zona Valeria II. En el nivel 2520 se retirará el ventilador de V-129 (150 kcfm) que se encuentra instalado.

Como se muestra en la figura 56 los 02 ventiladores de 200 kcfm por el eje RC 10, luego pasa por el RC 09 y posteriormente hacer el recorrido por el nivel 3220 hacia la BM Chilcas.

Plano 15. Instalación de 02 ventiladores en el eje RC 10 (2 x 200 kcfm)



Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Resultados obtenidos de la implementación de los 03 ventiladores; uno en el eje RB 03 (110 kcfm) y los otros 02 enseriados en el RC 10 (2 x 200 kcfm).

Tabla 67. Resultados del Escenario 4

Descripción	Und.	Escenario 04	
		RB 03 (110 kcfm)	RC 10 (2x200 kcfm)
		Esc. 04	
Caudal de ingreso (Qi)	cfm	695,819	
Caudal req. (Qr)	cfm	571,814	
Cobertura	%	122%	
Superávit	cfm	124,005	
Pot. Eléctrica instalada	HP	5,529	
Costo por cons. Energético	US\$/año	2,206,363	
Resistencia de la mina	Ns ² /m ⁸	0.0436	
Caída de presión	"CA	19.76	

Fuente: Software Ventsim Design 5.4

4.2 Resumen general de los 04 escenarios

Según el resumen siguiente se está analizando los parámetros actuales del sistema de ventilación vs los 04 escenarios mencionados en el capítulo anterior.

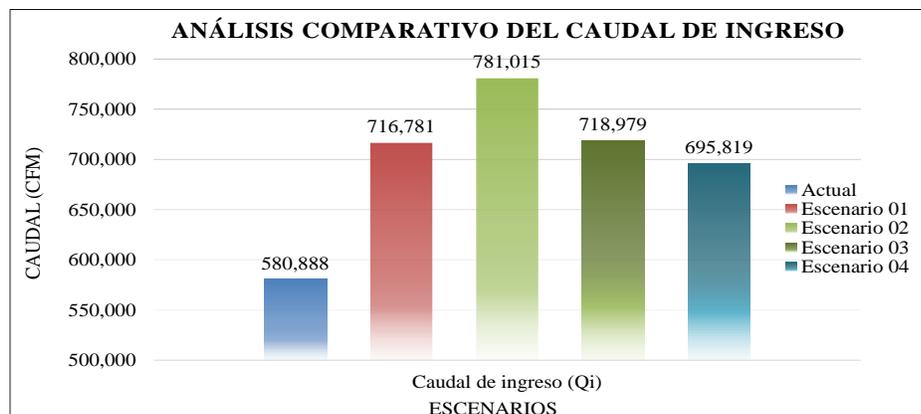
De la tabla 68 se puede observar que el escenario 02 es el que se escogió como escenario óptimo por ofrecernos mayor caudal de ingreso (781,015 cfm), una mayor cobertura global del 137%, una potencia eléctrica anual instalada de 5,914 hp, un costo energético anual de 2,359,969 US\$/año y una menor resistencia comparado con los otros escenarios, pero mayor que el escenario actual ya que se está incrementando caudal de extracción por medio de la incorporación de nuevos ventiladores.

Tabla 68. Resumen de los 04 escenarios del plan al corto plazo

Descripción	Und.	Actual	Escenario 01		Escenario 02		Escenario 03		Escenario 04	
			RC 05 (110 kcfm) RB 03 (110 kcfm)		RC 05 (110 kcfm) RB 03 (110 kcfm) RB 11 (2x200 kcfm)		RB 03 (110 kcfm) RB 11 (2x200 kcfm)		RB 03 (110 kcfm) RC 10 (2x200 kcfm)	
			Esc. 01	Var. (Δ)	Esc. 02	Var. (Δ)	Esc. 03	Var. (Δ)	Esc. 04	Var. (Δ)
Caudal de ingreso (Qi)	cfm	580,888	716,781	135,893	781,015	200,127	718,979	138,091	695,819	114,931
Caudal req. (Qr)	cfm	571,814	571,814		571,814		571,814		571,814	
Cobertura	%	102%	125%	24%	137%	35%	126%	24%	122%	20%
Superávit	cfm	9,074	144,967		209,201		147,165		124,005	
Pot. Eléctrica instalada	HP	4,633.2	5,216	582.50	5,914	1,280.30	5,679	1,046.00	5,529	895.40
Costo por cons. Energético	US\$/año	1,850,773	2,081,490	230,717	2,359,969	509,196	2,266,464	415,691	2,206,363	355,590
Resistencia de la mina	Ns2/m8	0.0536	0.0354	-0.0183	0.0351	-0.0185	0.0421	-0.0115	0.0436	-0.0100
Caída de presión	"CA	16.20	17.05	0.85	20.09	3.89	20.36	4.16	19.76	3.56

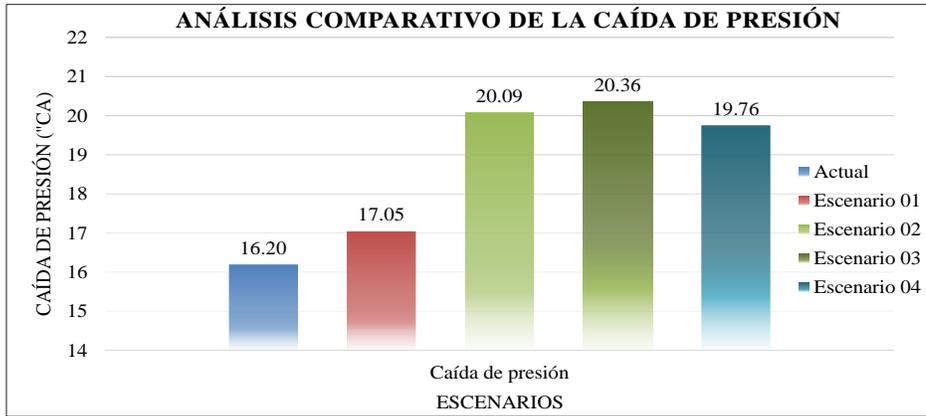
Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Figura 35. Comparativo del caudal de ingreso de los 04 escenarios.



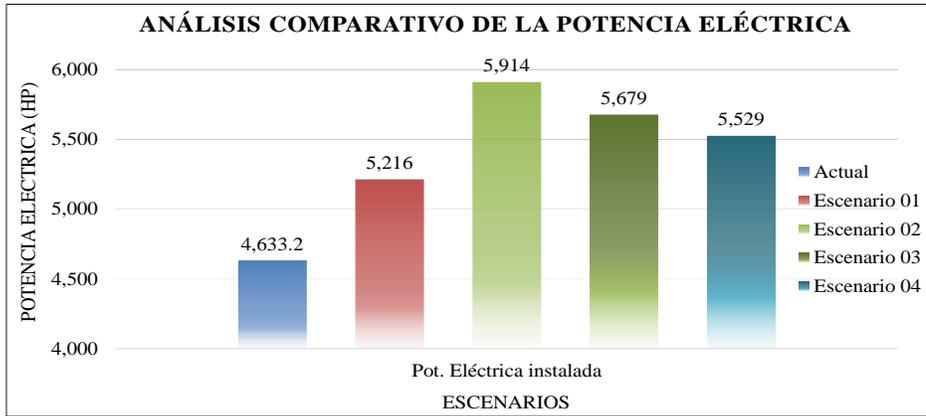
Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Figura 36. Comparativo de la caída de presión de los 04 escenarios.



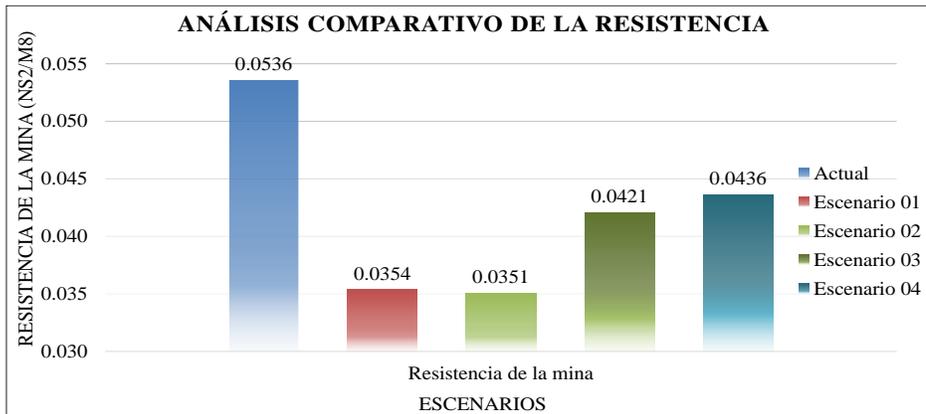
Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Figura 37. Comparativo de la caída de la potencia eléctrica de los 04 escenarios.



Fuente: Software Ventsim Design 5.4

Figura 38. Comparativo de la resistencia de los 04 escenarios.



Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

4.3 Resumen de los valores de los ventiladores en los 04 escenarios

A continuación, se muestra el resumen de los parámetros actuales vs los 04 escenarios mencionados, cuáles son los ventiladores que consumen mayor energía y su valor de la presión total de trabajo de cada una de ellas para poder saber si estamos dentro de su curva de operación.

Tabla 69. Resumen de los valores de los ventiladores en los 04 escenarios

Nivel	Ventiladores en los ejes	Und.	Actual	Esc. 01	Esc. 02	Esc. 03	Esc. 04
Eje RB 03							
Nv 3220	Potencia	HP	*	247.00	248.00	247.00	247.00
V-77 (110 kcfm)	Caudal	CFM	*	80,044.00	79,678.00	79,875.00	80,034.00
(stand by)	Presión ventilador	"CA	*	14.60	14.70	14.60	14.60
Eje RC 05							
Nv 3220	Potencia	HP	*	245.00	245.00	*	*
Ventilador nuevo	Caudal	CFM	*	82,000.00	81,499.00	*	*
110 kcfm	Presión ventilador	"CA	*	13.80	14.00	*	*
Eje RC 10							
Nv 3220	Potencia	HP	*	*	*	*	455.00
V-201 (200 kcfm)	Caudal	CFM	*	*	*	*	186,015.00
	Presión ventilador	"CA	*	*	*	*	12.00
Nv 2520	Potencia	HP	399.00	441.00	444.00	430.00	515.00
V-133 (150 kcfm)	Caudal	CFM	152,446.00	138,159.00	137,365.00	142,461.00	180,343.00
V-202 (200 kcfm)	Presión ventilador	"CA	12.30	14.80	15.00	14.10	14.40
Eje RB 11							
Nv 2950	Potencia	HP	260.00	264.00	469.00	467.00	263.00
V-78 (110 kcfm)	Caudal	CFM	133,231.00	130,561.00	197,691.00	198,473.00	130,900.00
V-201 (200 kcfm)	Presión ventilador	"CA	9.70	10.10	11.90	11.80	10.00
Nv 2770	Potencia	HP	*	*	484.00	483.00	*
V-202 (200 kcfm)	Caudal	CFM	*	*	194,686.00	195,366.00	*
	Presión ventilador	"CA	*	*	12.60	12.50	*
Eje RC 43							
Nv 2620	Potencia	HP	392.00	422.00	423.00	412.00	414.00
V-133 (150 kcfm)	Caudal	CFM	147,195.00	134,890.00	134,110.00	139,164.00	137,814.00
	Presión ventilador	"CA	12.70	14.50	14.70	13.90	14.00
Eje Far West 2620							
Nv 2620	Potencia	HP	314.60	298.00	300.00	298.00	298.00
V-86 (110 kcfm)	Caudal	CFM	120,045.00	122,310.00	122,035.00	122,396.00	122,427.00
	Presión ventilador	"CA	12.60	11.10	11.20	11.10	11.10
Nv 2950	Potencia	HP	199.20	229.00	230.00	229.00	228.00
V-87 (110 kcfm)	Caudal	CFM	135,025.00	117,276.00	116,607.00	117,177.00	117,442.00
	Presión ventilador	"CA	6.50	9.70	9.90	9.80	9.70
Eje San Vicente							
Nv 3220	Potencia	HP	336.00	406.00	407.00	406.00	405.00
V-88 (150 kcfm)	Caudal	CFM	152,527.00	132,424.00	131,628.00	132,288.00	132,643.00
	Presión ventilador	"CA	10.30	14.40	14.50	14.40	14.40

Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Con esta premisa podemos llegar a la elección del escenario 2 como el más óptimo, ya que nos ofrece mayor caudal de aire fresco de ingreso en comparación a los otros escenarios, esto genera una mayor reducción de la temperatura en todas las zonas operativa, brindando las mejores condiciones atmosféricas y un mejor rendimiento del personal.

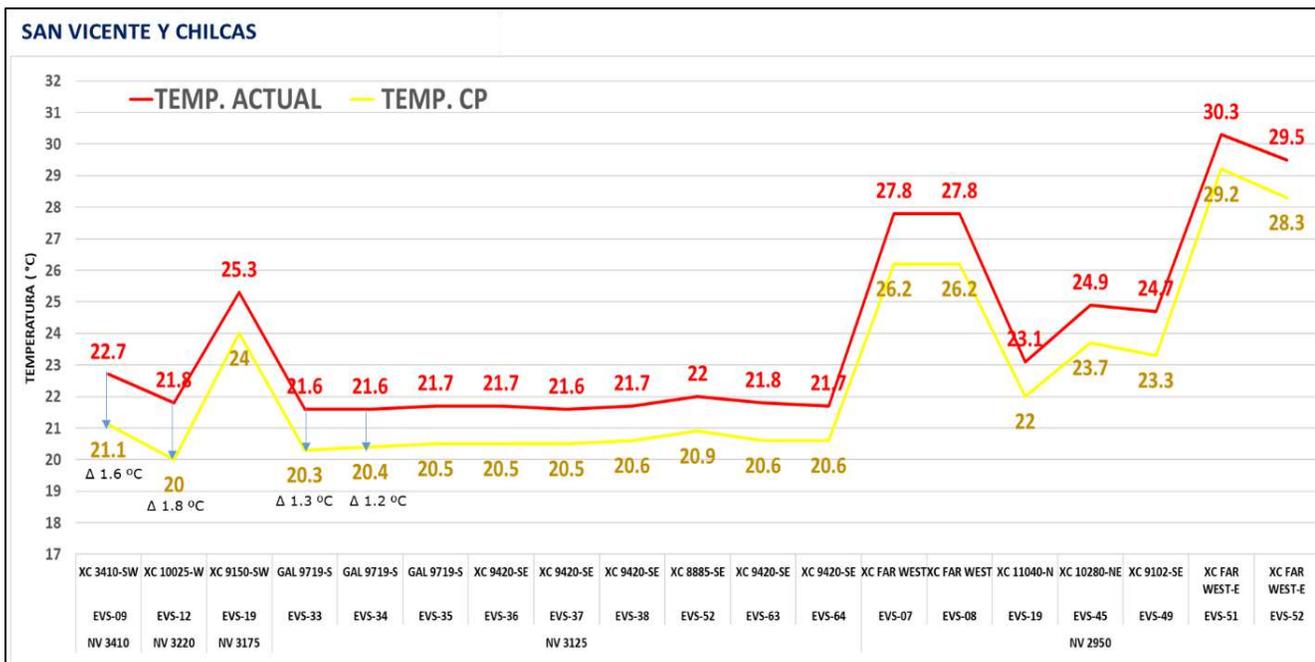
A continuación, se muestra los resultados de las mejoras de las temperaturas en cada zona.

4.4 Análisis de la temperatura en las zonas aplicando el escenario 02

En las siguientes figuras podemos observar el descenso de las temperaturas en los diferentes niveles y zonas con la ejecución del escenario 02 en donde vamos a implementar 04 ventiladores; uno en el eje RB 03 (110 kcfm), el otro en el RC 05 (110 kcfm) y los otros 02 enseriados en el RB 11 (200 kcfm – Nv 2950 y el Nv 2770).

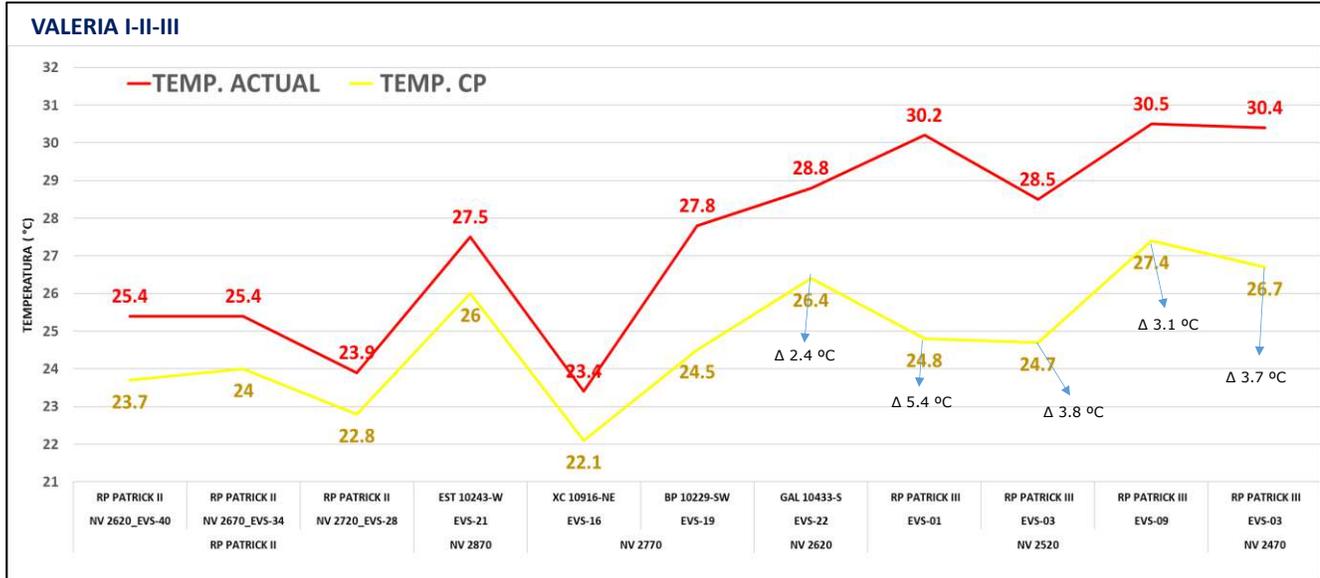
Se tomaron como referencia para hacer los valores comparativos de los puntos de monitoreo medidos en campo (curva roja) vs la temperatura del escenario 02 para el corto plazo (curva amarilla).

Figura 39. Correlación de temperaturas Corto Plazo en las zonas San Vicente y Chilcas



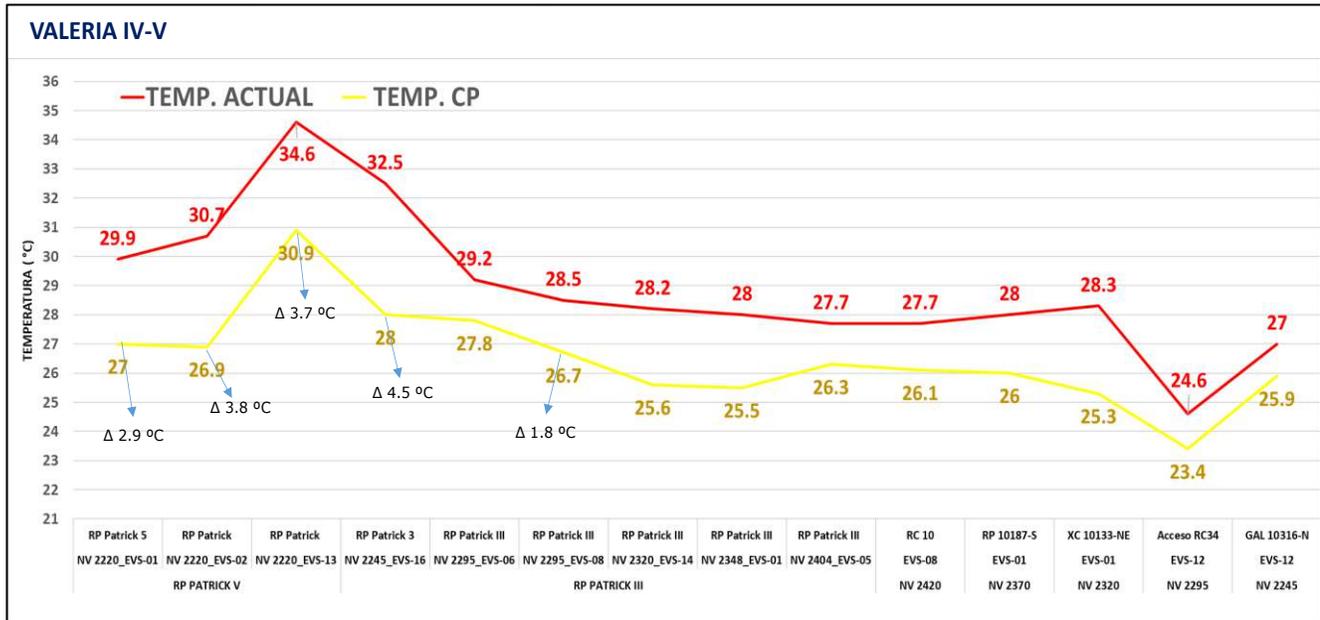
Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Figura 40. Correlación de temperaturas Corto Plazo en las zonas Valeria I-II-III.



Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

Figura 41. Correlación de temperaturas Corto Plazo en las zonas Valeria IV-V.



Fuente: Software Ventsim Design 5.4.

4.5. Evaluación Económica

A partir de los valores de los costos operativos (OPEX), los costos de capital (CAPEX) y los ingresos proyectados se calculará el retorno de la inversión (Payback) para el escenario 2.

4.5.1. Plan de producción

Tabla 70. Plan de producción proyectada

Producción Mina	Unid	Periodo (Años)							
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Anual	TMS	417,600	382,800	382,800	348,000	348,000	348,000	348,000	348,000
Mensual	TMS	34,800	31,900	31,900	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000
Diario	TMS	1,200	1,100	1,100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Planeamiento largo plazo - MARSA

4.5.2. Ingreso proyectado

- Precio del oro al día 15/05/2022 es de: 1,810 US\$/Oz Troy (58.19 US\$/gr.)
- Recuperación de planta: 86% anual.
- Ley de mineral promedio: 5 gr/TMS para los 8 años proyectados.

Tabla 71. Ingreso proyectado de la vida de la mina; **Error! Vínculo no válido.**

VIDA DE LA MINA	Ítems	Año	Producción TMS	Rec. Planta %	Ley Au gr/TMS	Ingresos US\$
	1	2022	417 600	86	5	104 490 850
2	2023	382 800	86	5	95 783 279	
3	2024	382 800	86	5	95 783 279	
4	2025	348 000	86	5	87 075 709	
5	2026	348 000	86	5	87 075 709	
6	2027	348 000	86	5	87 075 709	
7	2028	348 000	86	5	87 075 709	
8	2029	348 000	86	5	87 075 709	
TOTAL		2 923 200			731 435 952	

Fuente: Planeamiento largo plazo - MARSA

4.5.3. Costos de capital (CAPEX)

Se calcula el costo de las labores horizontales (convencionales y mecanizadas) y las labores verticales proyectadas para cada año.

Tabla 72. Costo de labores proyectadas anualmente

Ítems	Año	Zona Convencional 2.5m x 2.5m			Zona Mecanizada 4.0m x 4.0m			Avance Vertical 2.0m x 2.0m			Total US\$
		Long. m	PU US\$/m	Subtotal US\$	Long. m	PU US\$/m	Subtotal US\$	Long. m	PU US\$/m	Subtotal US\$	
1	2022	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
2	2023	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
3	2024	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
4	2025	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
5	2026	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
6	2027	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
7	2028	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
8	2029	5 080	950	4 826 000	2 200	1 450	3 190 000	1 800	650	1 170 000	9 186 000
TOTAL				38 608 000			25 520 000			9 360 000	73 488 000

Fuente: Planeamiento largo plazo - MARSA

4.5.3.1. Costos de inversión de equipos

Tabla 73. Equipos de mina proyectado

Ítems	Tipo	Descripción	Unid	Cantidad	PU US\$/unid	Total US\$
1	Scooptram	6yd3 - 271 HP	unid	2	350 000	700 000
2	Dumper	15Tn - Epiroc - 350HP	unid	1	400 000	400 000
3	Camión Volquete	28Tn - Volvo - 220HP	unid	2	220 000	440 000
4	Perforadora	Jack Legg - 1 brazo	unid	6	57 000	342 000
TOTAL						1 882 000

Fuente: Planeamiento largo plazo - MARSA

4.5.3.2. Costo CAPEX y OPEX de los 04 escenarios analizados

Tabla 74. Resumen de los costos CAPEX – OPEX de los 04 escenarios

Escenario	Actividad	Circuito de aire	Ubicación	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Esc 1	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 110 kcfm (V-77) que está en stand by.	RB 03	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 1	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 150 kcfm (V-88) que será removido.	San Vicente	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 1	Construcción de un bypass en el CX 10180-NE para independizar el circuito de San Vicente y el RC 05.	San Vicente	Nv 3410	metros	95	USD 2 500.00	USD 237 500.00
Esc 1	Construcción de 02 muros herméticos en el CX 10180-NE que se construirá para independizar el circuito de San Vicente y el RC 05.	RC 05	Nv 3410	und	2	USD 2 500.00	USD 5 000.00
Esc 1	Compra de un ventilador nuevo de 110kcfm con una presión total de 15" C.A, más accesorios del ventilador y su tablero eléctrico (tipo Soft Start).	RC 05	Nv 3220	und	1	USD 125 000.00	USD 125 000.00
Esc 1	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador nuevo de 110 kcfm que será comprado.	RC 05	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Costo total CAPEX - Escenario 01							USD 384 000.00
Costo de energía anual - OPEX - Escenario 01							USD 2 081 490.00
Costo total CAPEX + OPEX - Escenario 01							USD 2 465 490.00
Esc 2	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 110 kcfm (V-77) que está en stand by.	RB 03	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 2	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 150 kcfm (V-88) que será removido.	San Vicente	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 2	Construcción de un bypass en el CX 10180-NE para independizar el circuito de San Vicente y el RC 05.	San Vicente	Nv 3410	metros	95	USD 2 500.00	USD 237 500.00
Esc 2	Construcción de 02 muros herméticos en el CX 10180-NE que se construirá para independizar el circuito de San Vicente y el RC 05.	RC 05	Nv 3410	und	2	USD 2 500.00	USD 5 000.00
Esc 2	Compra de un ventilador nuevo de 110kcfm con una presión total de 15" C.A, más accesorios del ventilador y su tablero eléctrico (tipo Soft Start).	RC 05	Nv 3220	und	1	USD 125 000.00	USD 125 000.00
Esc 2	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador nuevo de 110 kcfm que será comprado.	RC 05	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 2	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 200 kcfm (V-202) que está en stand by.	RB 11	Nv 2770	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 2	Desinstalación del ventilador existente de 110kcfm (V-78) e instalación del ventilador de 200 kcfm (V-201) que está en stand by.	RB 11	Nv 2950	und	1	USD 2 000.00	USD 2 000.00
Costo total CAPEX - Escenario 02							USD 391 500.00
Costo de energía anual - OPEX - Escenario 02							USD 2 359 969.00
Costo total CAPEX + OPEX - Escenario 02							USD 2 751 469.00
Esc 3	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 110 kcfm (V-77) que está en stand by.	RB 03	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 3	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 200 kcfm (V-202) que está en stand by.	RB 11	Nv 2770	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 3	Desinstalación del ventilador existente de 110kcfm (V-78) e instalación del ventilador de 200 kcfm (V-201) que está en stand by.	RB 11	Nv 2950	und	1	USD 2 000.00	USD 2 000.00
Costo total CAPEX - Escenario 03							USD 13 000.00
Costo de energía anual - OPEX - Escenario 03							USD 2 266 464.00
Costo total CAPEX + OPEX - Escenario 03							USD 2 279 464.00
Esc 4	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 110 kcfm (V-77) que está en stand by.	RB 03	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 4	Construcción de loza, muro y soporte metálico para instalar el ventilador de 200 kcfm (V-201) que está en stand by.	RC 10/BM Chilcas	Nv 3220	und	1	USD 5 500.00	USD 5 500.00
Esc 4	Desinstalación del ventilador existente de 150kcfm (V-129) e instalación del ventilador de 200 kcfm (V-202) que está en stand by.	RC 10/BM Chilcas	Nv 2520	und	1	USD 2 000.00	USD 2 000.00
Costo total CAPEX - Escenario 04							USD 13 000.00
Costo de energía anual - OPEX - Escenario 04							USD 2 206 363.00
Costo total CAPEX + OPEX - Escenario 04							USD 2 219 363.00

Fuente: Planeamiento largo plazo - MARSA

De la tabla se obtienen los valores del Escenario 02, el cual fue elegido el escenario óptimo:

CAPEX = 391,500 US\$, OPEX = 2,266,464 US\$.

Resumen de todos los costos (CAPEX), tomándose en cuenta los avances proyectados, equipos e infraestructura del escenario 2:

Tabla 75. Costo total CAPEX

Ítems	Consideraciones	Descripción	Subtotal US\$	Total US\$	Distrib. %
1		Zona Convencional 2.5m x 2.5m	38 608 000		
2	Desarrollo y Preparación	Zona Mecanizada 4.0m x 4.0m	25 520 000	73 488 000	92.4%
3		Avance Vertical 2.0m x 2.0m	9 360 000		
4		Scooptram	700 000		
5	Equipos	Dumper	400 000	1 882 000	2.4%
6		Camión Volquete	440 000		
7		Perforadora	342 000		
8	Ventilación - Escenario 02	Implementación de ventiladores e infraestructura	391 500	391 500	0.5%
SUB TOTAL (US\$)				75 761 500	95.2%
Contingencia 5%				3 788 075	4.8%
TOTAL (US\$)				79 549 575	100.0%

Fuente: Planeamiento largo plazo - MARSA

4.5.4. Costos de operación (OPEX)

Tabla 76. Costos de operación

Reservas del proyecto: 2'923,200 TMS				
Ítems	Área o Departamento	Subtotal US\$/TMS	Subtotal x área (US\$)	Distrib. %
1	Geología y Planeamiento	9.0	26 308 800	8.3%
2	Explotación mina	52.0	152 006 400	47.8%
3	Planta	29.0	84 772 800	26.7%
4	Servicios Generales	12.0	35 078 400	11.0%
5	Administrativos mina	6.0	17 539 200	5.5%
6	Ventilación - Escenario 02	0.8	2 359 969	0.7%
TOTAL (US\$)		108.8	318 065 569	100.0%

Fuente: Planeamiento largo plazo - MARSA

4.5.5. Flujo de caja del proyecto

Tabla 77. Flujo de caja del anualizado

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Inversiones US\$	79 549 575							
Ventas de mineral US\$	104 490 850	95 783 279	95 783 279	87 075 709	87 075 709	87 075 709	87 075 709	87 075 709
Costos de producción US\$	45 437 938	41 651 444	41 651 444	37 864 949	37 864 949	37 864 949	37 864 949	37 864 949
Utilidad Bruta US\$	59 052 912	54 131 836	54 131 836	49 210 760	49 210 760	49 210 760	49 210 760	49 210 760
Gastos Administrativos y Ventas (1.5%) US\$	885 794	811 978	811 978	738 161	738 161	738 161	738 161	738 161
Utilidad Operativa US\$	58 167 118	53 319 858	53 319 858	48 472 598	48 472 598	48 472 598	48 472 598	48 472 598
Regalías Mineras (2%)	1 163 342	1 066 397	1 066 397	969 452	969 452	969 452	969 452	969 452
Otros Impuestos (13%)	7 561 725	6 931 582	6 931 582	6 301 438	6 301 438	6 301 438	6 301 438	6 301 438
Impuesto a la Renta (30%)	17 450 135	15 995 957	15 995 957	14 541 780	14 541 780	14 541 780	14 541 780	14 541 780
Total Impuestos US\$	26 175 203	23 993 936	23 993 936	21 812 669	21 812 669	21 812 669	21 812 669	21 812 669
Utilidad Neta US\$	-79 549 575	31 991 915	29 325 922	29 325 922	26 659 929	26 659 929	26 659 929	26 659 929

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Balance de ingresos y egresos anualizado

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
INGRESOS								
Ventas								
Total Ingresos US\$	104 490 850	95 783 279	95 783 279	87 075 709	87 075 709	87 075 709	87 075 709	87 075 709
EGRESOS								
Inversiones US\$	79 549 575							
Costos de producción US\$	45 437 938	41 651 444	41 651 444	37 864 949	37 864 949	37 864 949	37 864 949	37 864 949
Gastos Administ. y Ventas	885 794	811 978	811 978	738 161	738 161	738 161	738 161	738 161
Impuestos US\$	26 175 203	23 993 936	23 993 936	21 812 669	21 812 669	21 812 669	21 812 669	21 812 669
Total Egresos US\$	79 549 575	72 498 935	66 457 357	60 415 779	60 415 779	60 415 779	60 415 779	60 415 779
Utilidad Neta US\$	-79 549 575	31 991 915	29 325 922	26 659 929	26 659 929	26 659 929	26 659 929	26 659 929

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Indicadores financieros

TASA DE INTERES %	VAN US\$	TIR %	VPB US\$	VPC US\$	R b/c
12.0%	61 670 965	32.8%	731 435 952	587 042 122	1.246

Fuente: Elaboración propia

4.5.6. Periodo de recuperación (PAYBACK)

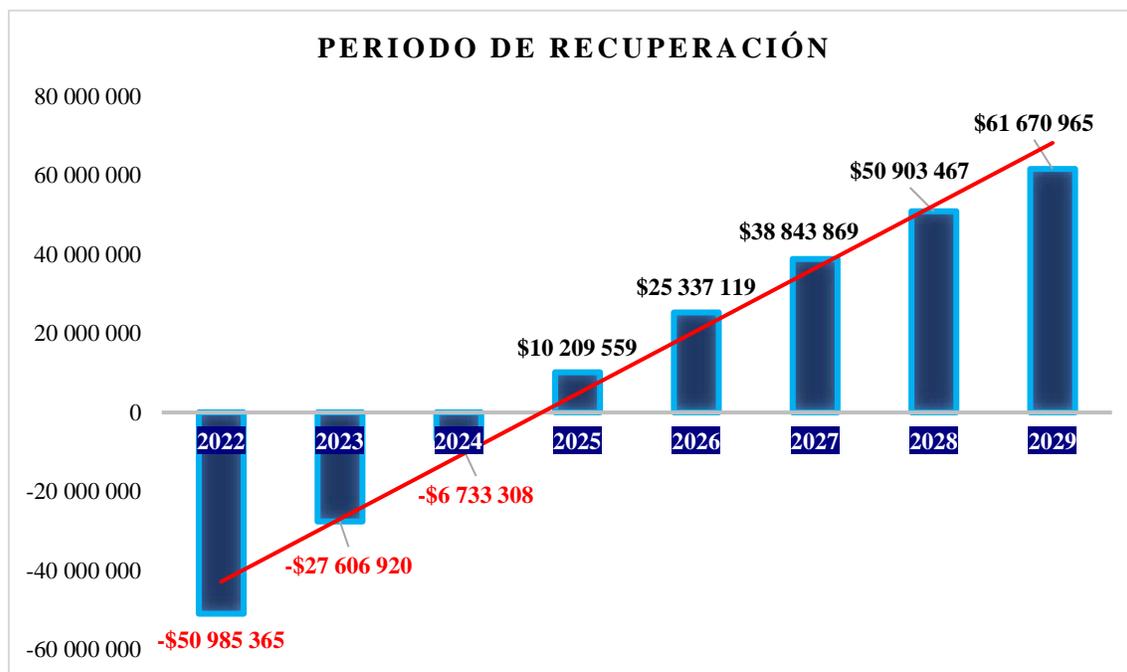
A continuación, se muestra la tabla del tiempo de recuperación de la inversión.

Tabla 80. Periodo de recuperación

PERIODO DE RECUPERACIÓN									
Año	Nro.	Utilidad US\$	Valor Presente al 12% (US\$)	Sumatoria US\$	Saldo US\$	Periodo Recuper.	Años	Meses	
	0				-79 549 575				
2022	1	31 991 915	28 564 210	28 564 210	-50 985 365				
2023	2	29 325 922	23 378 446	51 942 655	-27 606 920				
2024	3	29 325 922	20 873 612	72 816 267	-6 733 308				
2025	4	26 659 929	16 942 867	89 759 134	10 209 559	3.40	3	5	
2026	5	26 659 929	15 127 560	104 886 694	25 337 119				
2027	6	26 659 929	13 506 750	118 393 444	38 843 869				
2028	7	26 659 929	12 059 598	130 453 042	50 903 467				
2029	8	26 659 929	10 767 498	141 220 540	61 670 965				

Fuente: Elaboración propia

Figura 42. Periodo de recuperación



Fuente: Elaboración propia

Concluyendo que la recuperación de la inversión será en el 3er año y 5to mes.

CONCLUSIONES

1. El sistema de la ventilación de la Unidad Minera Aurífera Retamas S. A., Parcoy, La Libertad, mejoró las condiciones termo ambientales, con la implementación del escenario 02 de los 04 ventiladores; uno en el eje RB 03 (110 kcfm), el otro en el RC 05 (110 kcfm) y los otros 02 enseriados en el RB 11 (200 kcfm); obteniendo un mayor caudal de ingreso (781,015 cfm) y una mayor cobertura global del 137%. El incremento en el ingreso de aire fresco a la mina nos brinda una reducción en la temperatura de ambiente en promedio en las zonas de: San Vicente y Chilcas de 1 °C, Valeria I – II – III entre 1.5 a 2 °C y en Valeria IV – V entre 2 a 4 °C. Mejorando las condiciones termo ambientales de la zona profunda de la unidad minera.
2. El sistema de la ventilación de la Unidad Minera Aurífera Retamas S. A., Parcoy, La Libertad, contaba con un total de ingreso de aire de 580,888 cfm y una cobertura global de 102%, en cambio en las zonas de San Vicente y Chilcas se cuenta con un ingreso de aire de 86,500 cfm, una cobertura zonal de 179% y una temperatura de ambiente promedio de 22 °C; en la zona de Valeria I se cuenta con un ingreso de aire de 67,500 cfm, una cobertura zonal de 75% y una temperatura de ambiente promedio de 24 °C; en las zonas de Valeria II – III se cuenta con un ingreso de aire de 186,500 cfm, una cobertura zonal de 95% y una temperatura de ambiente promedio de 27.5 °C; y en las zonas de Valeria IV – V se cuenta con un ingreso de aire de 244,000 cfm, una cobertura zonal de 101% y una temperatura de ambiente promedio de 29.5 °C.

3. La implementación de los 04 ventiladores; uno en el eje RB 03 (110 kcfm) – Nv 3220, el otro en el RC 05 (110 kcfm) – Nv 3220 y los otros 02 enseriados en el RB 11 (2 x 200 kcfm) – uno en el Nv 2950 y el otro en el Nv 2770. Cumpliendo con el objetivo de incrementar la cobertura de aire mayor a 105% en las zonas de Valeria I – II – III – IV – V quienes son las que menor cobertura tienen. Proporcionándose de aire fresco equitativamente a todas las zonas, en especial a las zonas más profundas porque es donde se concentra mayor calor por los equipos de avance.

4. Escenario 01: implementación de 02 ventiladores; 01 en el eje RB 03 (110 kcfm) y 01 en el RC 05 (110 kcfm) – aumento de caudal de 135,893 cfm y reducción de 1.2°C en promedio.

Escenario 02: implementación de 04 ventiladores; 01 en el eje RB 03 (110 kcfm), 01 en el RC 05 (110 kcfm) y 02 enseriados en el RB 11 (2 x 200 kcfm) – aumento de caudal de 200,127 cfm y reducción de 2.5°C en promedio.

Escenario 03: implementación de 03 ventiladores; 01 en el eje RB 03 (110 kcfm) y 02 enseriados en el RB 11 (2 x 200 kcfm) – aumento de caudal de 138,091 cfm y reducción de 1.3°C en promedio.

Escenario 04: implementación de 03 ventiladores; 01 en el eje RB 03 (110 kcfm) y 02 enseriados en el RC 10 (2 x 200 kcfm) – aumento de caudal de 114,931 cfm y reducción de 1.1°C en promedio.

De los 04 escenarios expuestos se concluye que el mejor escenario es el 02; ofreciendo mayor caudal de ingreso de aire fresco y mayor reducción de la temperatura ambiental.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda en un futuro implementar ventiladores auxiliares llamados spot cooler, el cual su funcionamiento consiste en tomar aire caliente del ambiente donde se coloquen y pasar a través de un circuito de agua para enfriarse e inyectar aire fresco a través de los ductos de ventilación a una temperatura mucho menor a los frentes de trabajo. Reduciéndose en promedio en 3 a 4 °C de la temperatura de admisión. El único inconveniente es que el costo de inversión es mucho mayor.
2. Se recomienda realizar periódica y constantemente 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 Ventsim con el propósito de mantenerlo calibrado y actualizado constantemente.
3. Se recomienda hacer la supervisión de los ejes principales por donde se ingresa aire fresco y por donde se extrae el aire viciado, principalmente de este último porque el aire caliente debilita las rocas encajonantes y con el tiempo si no tiene un buen revestimiento, llegan a ceder e inclusive hasta pueden colapsar. Produciendo la baja cobertura de aire en la zona en donde se ubican y generando malestares a los trabajadores y equipos.
4. Se recomienda hacer simulaciones de lo que puede ocurrir en los planes a mediano y largo plazo tanto en el aire que se va a necesitar en caso haya un incremento de producción o zonas donde se van a retomar los trabajos, como también realizar simulaciones de calor y analizar cuáles serían las zonas donde las temperaturas se incrementen bruscamente y tomar medidas para evitarlas.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Bustamante Morales, J. C. (2016). *Optimización de costos aplicando geomecánica en el proyecto de ventilación de la zona K de la mina Paragsha – Cerro de Pasco*. [Tesis de grado: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco].
- Ccoropuma Challa, E. J. (2013). *Dinámica de fluidos para el decremento de temperaturas y rediseño del circuito de ventilación en vetas mercedes 2 y san juan de la U. E. A. de San Juan de Chorunga*. [Tesis de grado: Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa].
- Fernández Felgueroso, J. M., & Luque Cabal, V. (1975). *Lecciones de ventilación de minas*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.
- Guang, X., Jinxin, H., Baisheng, N., Duncan, C., & Zhuoming, Y. (2017). Calibration of Mine Ventilation Network Models Using the Non-Linear Optimization Algorithm. *Energies*, 1-10. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/322066216>
- Guillen Carbajal, C. S. (2016). *Optimización del sistema de ventilación aplicando tecnologías informáticas - Minera Hemco - Nicaragua*. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.
- Gutiérrez Aravena, C. A. (2010). *Recirculación Controlada en Minería Subterránea*. Repositorio Académico Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103701>
- Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., & Wang, Y. J. (1997). *Mine Ventilation and Air Conditioning* (Vol. III). USA: John Wiley & Sons, INC.
- Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. (2006). *Metodología de la investigación* (Vol. IV). McGraw Hill.

- Howes, M. J. (1978). Desarrollo de una relación funcional entre la productividad y el ambiente térmico. *Revista de la Sociedad de Ventilación de Minas de Sudáfrica*, 31, 21-38.
- López Jimeno, C. (1997). *Manual de túneles y obras subterráneas* (Vol. I). Entorno Gráfico.
- Mamani Condori, R. (2019). *Estudio y diseño del sistema de ventilación de las zonas Yurika y Pablo, Hochschild Mining - Unidad Operativa Pallancata*. [Tesis de grado: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco].
- McPherson, M. J. (2016). *Ingeniería de Ventilación Subterránea* (Vol. II). Mine Ventilation Services, Inc.
- Ministerio de Energía y Minas. (2017, Agosto 18). Decreto Supremo N° 023 - 2017 - Energía y Minas. *El Peruano*, págs. 91-184.
- Portilla Salazar, R. E., & Velarde Macukachi, B. P. (2018). *Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica - 2015*. Repositorio Institucional de la PUCP. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/11523>
- Poulton, E. C. (1970). *Medio ambiente y eficiencia humana*. Porto Alegre, Brasil: Charles C. Thomas. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4289/1/DC_FHU_501_MAI_UC0712_2018
- Zitrón. (2010). Ventilación de Minas. *Studocu*, 7-30. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/mineria/ventilacion-de-minas-zitron-2010/27145029>

ANEXOS

- ANEXO I: Inventario de ventiladores
- ANEXO II: Medición de parámetros eléctricos de los ventiladores
- ANEXO III: Costo de energía global
- ANEXO IV: Curvas características de los ventiladores principales
- ANEXO V: Evidencias fotográficas
- ANEXO VI: Matriz de consistencia
- ANEXO VII: Plano unifilar del sistema de ventilación

ANEXO I

Inventario de ventiladores

Ítem	Código	Marca	Nivel	CC	Zona	Labor	cfm	HP	"CA	Tipo	Función	Estado
1	V-77	AIRTEC	Superficie	-	-	Taller Mtto	110,000	300.0	12.0	Apagado	Extractor	Apagado
2	V-51	AIRTEC	2950	8	CHILCAS BAJO	XC FW-E	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
3	V-78	AIRTEC	2950	8	CHILCAS BAJO	XC 10236 E (RB 11)	110,000	300.0	16.0	Principal	Extractor	Operativo
4	V-64	AIRTEC	2950	8	CHILCAS BAJO	XC 11040 S	60,000	75.0	8.4	Auxiliar	Extractor	Operativo
5	V-16	AIRTEC	2950	8	CHILCAS BAJO	XC 9102-SW	10,000	36.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
6	V-55	AIRTEC	3025	6	CHILCAS BAJO	CHI 10294 11N	5,000	12.5	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
7	V-47	AIRTEC	3025	6	CHILCAS BAJO	XC 10123-SE	5,000	10.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
8	V-62	AIRTEC	3075	4	CHILCAS BAJO	CHI 10514-13N	5,000	10.0	9.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
9	V-59	AIRTEC	3075	4	CHILCAS BAJO	GA 10510 N	5,000	10.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
10	V-110	AIRTEC	3125	2	CHILCAS BAJO	RP 8947-SE	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
11	V-114	AIRTEC	3125	2	CHILCAS BAJO	EST-2 (XC 8885-SE)	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
12	V-119	AIRTEC	3125	2	CHILCAS BAJO	XC 9840-N	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
13	V-94	AIRTEC	3125	2	CHILCAS BAJO	GAL 8791-SE	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
14	V-40	AIRTEC	3125	2	CHILCAS BAJO	BP 8940 SE	30,000	60.0	8.2	Auxiliar	Inyector	Operativo
15	V-103	AIRTEC	3125	2	CHILCAS BAJO	GA 8892 S - EST.3	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
16	V-201	AIRTEC	Superficie	-	-	Taller Mtto	200,000	600.0	16.0	Apagado	Extractor	Apagado
17	V-23	AIRTEC	3175	1	CHILCAS BAJO	EST 2 (CHI-9420 5S)	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
18	V-202	AIRTEC	Superficie	-	-	Taller Mtto	200,000	600.0	16.0	Apagado	Extractor	Apagado
19	V-19	AIRTEC	3220	1	CHILCAS BAJO	XC 9393 S	5,000	9.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
20	V-50	AIRTEC	2950	8	CHILCAS BAJO	XC Far West E	30,000	100.0	14.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
21	V-87	AIRTEC	2950	8	CHILCAS BAJO	XC Far West E	110,000	300.0	16.0	Principal	Extractor	Operativo
22	V-88	AIRTEC	3410	CV 13	SAN VICENTE	XC 9855 SW	150,000	400.0	18.0	Principal	Extractor	Operativo
23	V-118	AIRTEC	2770	17	VALERIA I	XC 10264-SW	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
24	V-22	AIRTEC	2770	17	VALERIA I	GAL 10308-S	5,000	9.0	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
25	V-79	AIRTEC	2770	17	VALERIA I	BP 10248-N	5,000	10.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
26	V-83	AIRTEC	2820	14	VALERIA I	XC 10436-NE (CHI 10436-2N)	5,000	10.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
27	V-92	AIRTEC	2820	14	VALERIA I	XC 10082-S	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
28	V-74	AIRTEC	2820	14	VALERIA I	CHI 10256-4S	5,500	9.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
29	V-98	AIRTEC	2820	14	VALERIA I	GAL 10256-N	5,000	10.0	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
30	V-12	AIRTEC	2870	12	VALERIA I	EST 8 (INA 10266-W)	10,000	24.0	9.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
31	V-15	AIRTEC	2870	12	VALERIA I	XC 10245-NE	10,000	36.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
32	V-58	AIRTEC	2870	12	VALERIA I	XC 9649-W	5,000	15.0	9.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
33	V-67	AIRTEC	2870	12	VALERIA I	XC 9649 W	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
34	V-66	AIRTEC	2870	12	VALERIA I	GAL 9322 NW	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
35	V-33	ALPHAIR	2870	12	VALERIA I	GA 9169 S	10,000	50.0	14.1	Auxiliar	Inyector	Operativo
36	V-81	AIRTEC	2870	12	VALERIA I	RP CABANA	5,000	10.0	7.0	Apagado	Inyector	Apagado
37	V-89	AIRTEC	2870	12	VALERIA I	EST 4 (XC 10766-NE)	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
38	V-108	AIRTEC	2920	9	VALERIA I	XC 10042-W	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Extractor	Operativo
39	V-121	AIRTEC	2920	9	VALERIA I	XC 10210-NE (CHI)	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
40	V-35	ALPHAIR	2920	9	VALERIA I	XC 10225-N	10,000	50.0	14.1	Auxiliar	Inyector	Operativo
41	V-44	AIRTEC	2920	9	VALERIA I	XC 10150-NE	5,000	12.5	17.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
42	V-29	AIRTEC	2920	9	VALERIA I	XC 10994-NW	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
43	V-13	AIRTEC	2920	9	VALERIA I	GAL 9870-S	10,000	36.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
44	V-76	AIRTEC	2920	9	VALERIA I	GAL 9890-E	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
45	V-115	AIRTEC	2670	21	VALERIA II	BP 10209-SW	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
46	V-41	AIRTEC	2670	21	VALERIA II	BP 10209-SW	30,000	60.0	14.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
47	V-65	AIRTEC	2670	21	VALERIA II	CHI 10299-18S	18,000	75.0	15.8	Auxiliar	Inyector	Operativo
48	V-107	AIRTEC	2670	21	VALERIA II	CC 21 (XC 10362-NE)	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
49	V-109	AIRTEC	2670	21	VALERIA II	EST 1 (BP 10209-SW)	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
50	V-38	AIRTEC	2670	21	VALERIA II	XC 10509-N	5,000	12.5	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo

51	V-63	AIRTEC	2720	19	VALERIA II	XC 10320-SE	10,000	24.0	9.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
52	V-46	AIRTEC	2720	19	VALERIA II	BP 10190-S	5,000	10.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
53	V-84	AIRTEC	2720	19	VALERIA II	GAL 10002-S	5,000	9.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
54	V-52	AIRTEC	2720	19	VALERIA II	BP 10292-N	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
55	V-93	AIRTEC	2720	19	VALERIA II	XC 10280-NE	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
56	V-42	AIRTEC	2720	18	VALERIA II	SN 2743-S(EST 10292-1S)	5,000	12.5	7.0	Apagado	Inyector	Apagado
57	V-45	AIRTEC	2470	31	VALERIA III	TALLER TRACKLESS	5,000	12.5	9.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
58	V-129	AIRTEC	2520	28	VALERIA III	RC 10 III Etapa	150,000	400.0	19.2	Principal	Extractor	Operativo
59	V-34	ALPHAIR	2520	28	VALERIA III	BP 10413 NW	10,000	50.0	14.1	Auxiliar	Inyector	Operativo
60	V-128	AIRTEC	2520	28	VALERIA III	XC 10514NW	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
61	V-124	AIRTEC	2520	28	VALERIA III	GAL 10457N	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
62	V-20	AIRTEC	2570	26	VALERIA III	XC 10653 NW	10,000	36.0	15.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
63	V-122	AIRTEC	2570	26	VALERIA III	XC 10653 SW	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
64	V-108	AIRTEC	2570	26	VALERIA III	EST 2/ XC 10571NE	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
65	V-106	AIRTEC	2570	26	VALERIA III	EST. 10410 2SW	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
66	V-57	AIRTEC	2570	26	VALERIA III	XC 10283E	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
67	V-96	AIRTEC	2570	26	VALERIA III	BP 10322 N	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
68	V-112	AIRTEC	2600	24.5	VALERIA III	XC 10579SW	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
69	V-17	AIRTEC	2600	24.5	VALERIA III	BP 10312 NW	10,000	36.0	15.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
70	V-117	AIRTEC	2600	24.5	VALERIA III	RP 10281 NW	5,000	12.5	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
71	V-32	AIRTEC	2620	24	VALERIA III	GAL 10450 S	10,000	60.0	24.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
72	V-133	AIRTEC	2620	23 S	VALERIA III	XC 10255 NE (RB 12)	150,000	400.0	18.0	Principal	Extractor	Operativo
73	V-86	AIRTEC	2620	23 N	VALERIA III	XC 10292 N	110,000	300.0	16.0	Secundario	Extractor	Operativo
74	V-99	AIRTEC	2620	23	VALERIA III	RP Cachaco	5,000	12.5	9.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
75	V-21	AIRTEC	2270	40	VALERIA IV	EST 2 - 10129 N	10,000	36.0	15.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
76	V-71	AIRTEC	2270	40	VALERIA IV	EST 2 - 10129 N	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
77	V-30	AIRTEC	2295	39	VALERIA IV	XC 10249 SW	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
78	V-123	AIRTEC	2295	39	VALERIA IV	XC 10249 SW	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
79	V-100	AIRTEC	2295	38	VALERIA IV	EST 10208 W - RC 34	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
80	V-28	AIRTEC	2295	38	VALERIA IV	EST 10208 W - RC 34	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
81	V-70	AIRTEC	2295	38	VALERIA IV	EST 10208 W - RC 34	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
82	V-113	AIRTEC	2320	37	VALERIA IV	EST 10243 NE - RC 12	10,000	40.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
83	V-137	AIRTEC	2320	37	VALERIA IV	EST 09 - RC 12	30,000	100.0	14.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
84	V-102	AIRTEC	2320	37	VALERIA IV	GAL 10163S - CH 91280 8S	5,000	10.0	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
85	V-60	AIRTEC	2348	36	VALERIA IV	XC 10066NW	5,000	10.0	7.0	Apagado	Inyector	Apagado
86	V-105	AIRTEC	2370	35	VALERIA IV	RP 10187 S	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
87	V-127	AIRTEC	2320	37	VALERIA IV	EST 10588	18,000	75.0	15.8	Auxiliar	Inyector	Operativo
88	V-61	AIRTEC	2404	34.5	VALERIA IV	XC 9122 NE	5,000	9.0	8.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
89	V-138	AIRTEC	2420	33	VALERIA IV	RP PATRICK 3-RC 05	18,000	75.0	21.6	Auxiliar	Inyector	Operativo
90	V-126	AIRTEC	2320	27	VALERIA IV	EST 09	18,000	75.0	13.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
91	V-125	AIRTEC	2220	42	VALERIA V	GAL 9148 NW	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
92	V-69	AIRTEC	2220	42	VALERIA V	EST 9 RP PATRICK V	18,000	75.0	23.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
93	V-90	AIRTEC	2220	42	VALERIA V	EST 9 RP PATRICK V	10,000	40.0	13.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
94	V-135	REMOVEX	2245	41	VALERIA V	EST 10369NW	30,000	74.0	11.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
95	V-139	AIRTEC	2245	41	VALERIA V	EST 3 RC34	30,000	100.0	14.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
96	V-75	AIRTEC	2245	41	VALERIA V	EST 3 RC34	5,000	9.0	7.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
97	V-136	AIRTEC	2245	41	VALERIA V	EST 10369NW	30,000	100.0	14.5	Auxiliar	Inyector	Operativo
98	V-130	AIRTEC	2245	41	VALERIA V	BP 10305 S - EST. 5	30,000	60.0	8.2	Apagado	Extractor	Apagado
99	V-14	AIRTEC	2245	41	VALERIA V	XC 10283 NE - EST. 2	10,000	36.0	20.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
100	V-68	AIRTEC	2245	41	VALERIA V	EST 2 RC 34	18,000	75.0	13.0	Auxiliar	Inyector	Operativo
101	V-134	REMOVEX	2245	41	VALERIA V	EST 2 RC 34	30,000	74.0	11.0	Auxiliar	Inyector	Operativo

ANEXO II

Medición de parámetros eléctricos de los ventiladores

Ítem	Código	Nivel	cfm	HP	Amp. A	Volt. V	F.P.	Pot. Hp	Hz	Efic.	Estado
1	V-77	Superficie	110,000	300.0	0.0	0.0	0.880	0.0		0%	Apagado
2	V-51	2950	10,000	40.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	53%	Operativo
3	V-78	2950	110,000	300.0	258.3	479.3	0.877	252.2	60	84%	Operativo
4	V-64	2950	60,000	75.0	44.3	434.7	0.880	39.4	60	53%	Operativo
5	V-16	2950	10,000	36.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	59%	Operativo
6	V-55	3025	5,000	12.5	11.1	472.7	0.880	10.7	60	86%	Operativo
7	V-47	3025	5,000	10.0	10.9	466.0	0.880	10.4	60	85%	Operativo
8	V-62	3075	5,000	10.0	13.3	491.7	0.880	13.3	60	85%	Operativo
9	V-59	3075	5,000	10.0	13.3	491.7	0.880	13.3	60	85%	Operativo
10	V-110	3125	10,000	40.0	34.9	418.2	0.880	29.8	60	75%	Operativo
11	V-114	3125	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
12	V-119	3125	5,000	12.5	11.1	472.7	0.880	10.7	60	86%	Operativo
13	V-94	3125	18,000	75.0	69.7	420.6	0.850	57.9	60	77%	Operativo
14	V-40	3125	30,000	60.0	114.7	468.3	0.850	106.0	60	85%	Operativo
15	V-103	3125	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
16	V-201	Superficie	200,000	600.0	0.0	0.0	0.880	0.0		0%	Apagado
17	V-23	3175	10,000	40.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	53%	Operativo
18	V-202	Superficie	200,000	600.0	0.0	0.0	0.880	0.0		0%	Apagado
19	V-19	3220	5,000	9.0	10.9	466.0	0.880	10.4	60	85%	Operativo
20	V-50	2950	30,000	100.0	114.7	469.0	0.880	109.9	60	85%	Operativo
21	V-87	2950	110,000	300.0	237.7	476.7	0.860	207.5	55	69%	Operativo
22	V-88	3410	150,000	400.0	394.6	404.3	0.867	321.3	60	80%	Operativo
23	V-118	2770	5,000	12.5	10.9	466.0	0.880	10.4	60	83%	Operativo
24	V-22	2770	5,000	9.0	10.9	486.7	0.880	10.8	60	85%	Operativo
25	V-79	2770	5,000	10.0	10.9	466.0	0.880	10.4	60	85%	Operativo
26	V-83	2820	5,000	10.0	11.1	472.7	0.880	10.7	60	85%	Operativo
27	V-92	2820	10,000	40.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	53%	Operativo
28	V-74	2820	5,500	9.0	10.9	432.0	0.880	9.6	60	107%	Operativo
29	V-98	2820	5,000	10.0	10.9	432.0	0.890	9.7	60	97%	Operativo
30	V-12	2870	10,000	24.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	88%	Operativo
31	V-15	2870	10,000	36.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	59%	Operativo
32	V-58	2870	5,000	15.0	10.9	466.0	0.880	10.4	60	69%	Operativo
33	V-67	2870	18,000	75.0	68.4	392.4	0.880	54.8	60	73%	Operativo
34	V-66	2870	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
35	V-33	2870	10,000	50.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	68%	Operativo
36	V-81	2870	5,000	10.0	0.0	0.0	0.880	0.0		0%	Apagado
37	V-89	2870	10,000	40.0	34.9	418.2	0.880	29.8	60	75%	Operativo
38	V-108	2920	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
39	V-121	2920	10,000	40.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	53%	Operativo
40	V-35	2920	10,000	50.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	68%	Operativo
41	V-44	2920	5,000	12.5	10.9	466.0	0.880	10.4	60	83%	Operativo
42	V-29	2920	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
43	V-13	2920	10,000	36.0	21.1	418.2	0.850	17.4	60	48%	Operativo
44	V-76	2920	18,000	75.0	68.4	426.9	0.880	59.7	60	80%	Operativo
45	V-115	2670	5,000	12.5	10.9	486.7	0.880	10.8	60	87%	Operativo
46	V-41	2670	30,000	60.0	126.0	398.1	0.880	102.5	60	85%	Operativo
47	V-65	2670	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
48	V-107	2670	5,000	12.5	13.3	491.7	0.790	12.0	60	85%	Operativo
49	V-109	2670	5,000	12.5	11.1	449.0	0.880	10.2	60	81%	Operativo
50	V-38	2670	5,000	12.5	10.9	486.7	0.860	10.6	60	85%	Operativo

51	V-63	2720	10,000	24.0	34.9	418.2	0.880	29.8	60	85%	Operativo
52	V-46	2720	5,000	10.0	10.9	432.0	0.880	9.6	60	96%	Operativo
53	V-84	2720	5,000	9.0	10.9	466.0	0.880	10.4	60	85%	Operativo
54	V-52	2720	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
55	V-93	2720	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
56	V-42	2720	5,000	12.5	0.0	0.0	0.880	0.0		0%	Apagado
57	V-45	2470	5,000	12.5	11.1	472.7	0.880	10.7	60	86%	Operativo
58	V-129	2520	150,000	400.0	443.0	422.4	0.881	351.0	55	88%	Operativo
59	V-34	2520	10,000	50.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	68%	Operativo
60	V-128	2520	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
61	V-124	2520	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
62	V-20	2570	10,000	36.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	59%	Operativo
63	V-122	2570	10,000	40.0	15.8	433.3	0.880	14.0	60	35%	Operativo
64	V-108	2570	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
65	V-106	2570	5,000	12.5	14.5	465.0	0.790	12.4	60	85%	Operativo
66	V-57	2570	5,000	12.5	10.9	486.7	0.880	10.8	60	85%	Operativo
67	V-96	2570	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
68	V-112	2600	10,000	40.0	34.7	404.6	0.850	27.7	60	69%	Operativo
69	V-17	2600	10,000	36.0	15.7	452.0	0.880	14.5	60	40%	Operativo
70	V-117	2600	5,000	12.5	10.9	486.7	0.880	10.8	60	87%	Operativo
71	V-32	2620	10,000	60.0	34.9	418.2	0.880	29.8	60	50%	Operativo
72	V-133	2620	150,000	400.0	51.3	4152.3	0.860	390.3	55	85%	Operativo
73	V-86	2620	110,000	300.0	314.3	477.0	0.862	300.2	60	85%	Operativo
74	V-99	2620	5,000	12.5	11.1	401.8	0.880	9.1	60	73%	Operativo
75	V-21	2270	10,000	36.0	34.7	404.6	0.850	27.7	60	85%	Operativo
76	V-71	2270	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
77	V-30	2295	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
78	V-123	2295	10,000	40.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	53%	Operativo
79	V-100	2295	10,000	40.0	19.1	462.3	0.880	18.1	60	45%	Operativo
80	V-28	2295	10,000	40.0	34.9	418.2	0.880	29.8	60	75%	Operativo
81	V-70	2295	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
82	V-113	2320	10,000	40.0	34.7	404.6	0.850	27.7	60	69%	Operativo
83	V-137	2320	30,000	100.0	125.4	475.0	0.860	119.0	60	85%	Operativo
84	V-102	2320	5,000	10.0	11.1	401.8	0.880	9.1	60	85%	Operativo
85	V-60	2348	5,000	10.0	0.0	0.0	0.880	0.0		0%	Apagado
86	V-105	2370	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
87	V-127	2320	18,000	75.0	64.0	461.0	0.875	60.0	60	80%	Operativo
88	V-61	2404	5,000	9.0	11.1	472.7	0.880	10.7	60	85%	Operativo
89	V-138	2420	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
90	V-126	2320	18,000	75.0	58.2	486.0	0.815	53.6	60	72%	Operativo
91	V-125	2220	18,000	75.0	35.9	461.7	0.880	33.9	60	45%	Operativo
92	V-69	2220	18,000	75.0	68.4	474.3	0.790	59.5	60	85%	Operativo
93	V-90	2220	10,000	40.0	34.7	476.0	0.880	33.7	60	84%	Operativo
94	V-135	2245	30,000	74.0	79.7	468.3	0.840	72.8	60	85%	Operativo
95	V-139	2245	30,000	100.0	126.0	471.0	0.880	121.3	60	85%	Operativo
96	V-75	2245	5,000	9.0	11.1	472.7	0.880	10.7	60	85%	Operativo
97	V-136	2245	30,000	100.0	114.7	469.0	0.880	109.9	60	85%	Operativo
98	V-130	2245	30,000	60.0	0.0	0.0	0.880	0.0		0%	Apagado
99	V-14	2245	10,000	36.0	21.1	492.0	0.880	21.2	60	59%	Operativo
100	V-68	2245	18,000	75.0	69.7	467.3	0.790	59.7	60	85%	Operativo
101	V-134	2245	30,000	74.0	81.3	465.3	0.840	73.8	60	85%	Operativo

ANEXO III

Costo de energía global

Ítem	Código	Nivel	cfm	Pot. Hp	Estado	Costo Energía US\$/Kw-Hr	Costo horario US\$/Hr	Costo Diario US\$/día	Costo Mensual US\$/mes	Costo Anual US\$/año
1	V-77	Superficie	110,000	0.0	Apagado	0.062	0.00	0.00	0	0
2	V-51	2950	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
3	V-78	2950	110,000	252.2	Operativo	0.062	11.66	279.89	8,397	100,759
4	V-64	2950	60,000	39.4	Operativo	0.062	1.82	43.71	1,311	15,734
5	V-16	2950	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
6	V-55	3025	5,000	10.7	Operativo	0.062	0.49	11.87	356	4,273
7	V-47	3025	5,000	10.4	Operativo	0.062	0.48	11.52	345	4,146
8	V-62	3075	5,000	13.3	Operativo	0.062	0.62	14.78	443	5,320
9	V-59	3075	5,000	13.3	Operativo	0.062	0.62	14.78	443	5,320
10	V-110	3125	10,000	29.8	Operativo	0.062	1.38	33.07	992	11,905
11	V-114	3125	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
12	V-119	3125	5,000	10.7	Operativo	0.062	0.49	11.87	356	4,273
13	V-94	3125	18,000	57.9	Operativo	0.062	2.67	64.19	1,926	23,109
14	V-40	3125	30,000	106.0	Operativo	0.062	4.90	117.65	3,529	42,352
15	V-103	3125	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
16	V-201	Superficie	200,000	0.0	Apagado	0.062	0.00	0.00	0	0
17	V-23	3175	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
18	V-202	Superficie	200,000	0.0	Apagado	0.062	0.00	0.00	0	0
19	V-19	3220	5,000	10.4	Operativo	0.062	0.48	11.52	345	4,146
20	V-50	2950	30,000	109.9	Operativo	0.062	5.08	121.97	3,659	43,910
21	V-87	2950	110,000	207.5	Operativo	0.062	9.59	230.21	6,906	82,874
22	V-88	3410	150,000	321.3	Operativo	0.062	14.85	356.47	10,694	128,330
23	V-118	2770	5,000	10.4	Operativo	0.062	0.48	11.52	345	4,146
24	V-22	2770	5,000	10.8	Operativo	0.062	0.50	12.03	361	4,330
25	V-79	2770	5,000	10.4	Operativo	0.062	0.48	11.52	345	4,146
26	V-83	2820	5,000	10.7	Operativo	0.062	0.49	11.87	356	4,273
27	V-92	2820	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
28	V-74	2820	5,500	9.6	Operativo	0.062	0.44	10.68	320	3,843
29	V-98	2820	5,000	9.7	Operativo	0.062	0.45	10.80	324	3,887
30	V-12	2870	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
31	V-15	2870	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
32	V-58	2870	5,000	10.4	Operativo	0.062	0.48	11.52	345	4,146
33	V-67	2870	18,000	54.8	Operativo	0.062	2.54	60.85	1,825	21,905
34	V-66	2870	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
35	V-33	2870	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
36	V-81	2870	5,000	0.0	Apagado	0.062	0.00	0.00	0	0
37	V-89	2870	10,000	29.8	Operativo	0.062	1.38	33.07	992	11,905
38	V-108	2920	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
39	V-121	2920	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
40	V-35	2920	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
41	V-44	2920	5,000	10.4	Operativo	0.062	0.48	11.52	345	4,146
42	V-29	2920	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
43	V-13	2920	10,000	17.4	Operativo	0.062	0.80	19.31	579	6,952
44	V-76	2920	18,000	59.7	Operativo	0.062	2.76	66.19	1,986	23,830
45	V-115	2670	5,000	10.8	Operativo	0.062	0.50	12.03	361	4,330
46	V-41	2670	30,000	102.5	Operativo	0.062	4.74	113.76	3,413	40,954
47	V-65	2670	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
48	V-107	2670	5,000	12.0	Operativo	0.062	0.55	13.27	398	4,776
49	V-109	2670	5,000	10.2	Operativo	0.062	0.47	11.28	338	4,060

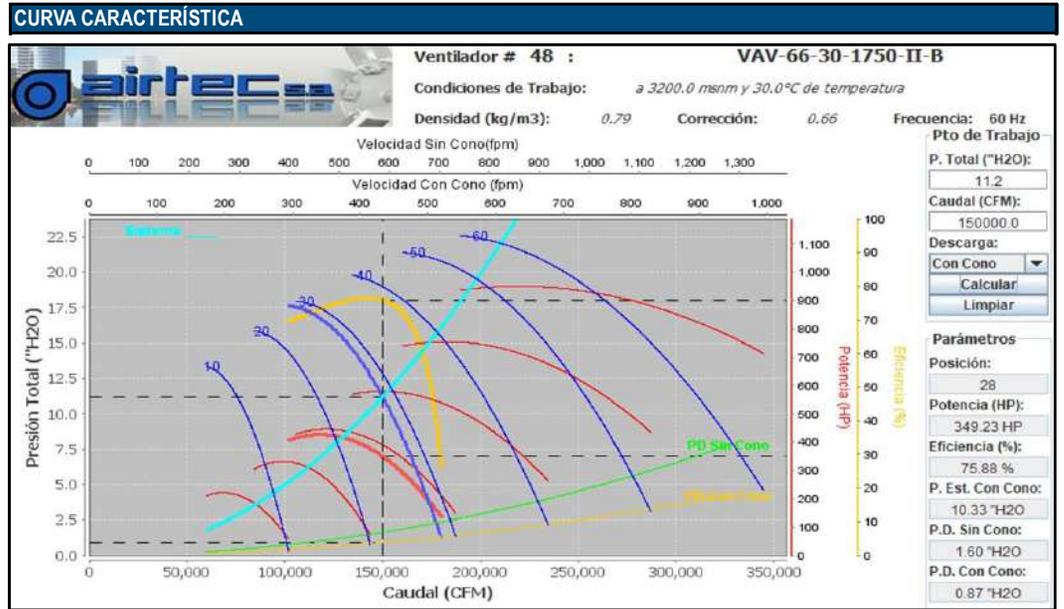
50	V-38	2670	5,000	10.6	Operativo	0.062	0.49	11.75	353	4,231
51	V-63	2720	10,000	29.8	Operativo	0.062	1.38	33.07	992	11,905
52	V-46	2720	5,000	9.6	Operativo	0.062	0.44	10.68	320	3,843
53	V-84	2720	5,000	10.4	Operativo	0.062	0.48	11.52	345	4,146
54	V-52	2720	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
55	V-93	2720	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
56	V-42	2720	5,000	0.0	Apagado	0.062	0.00	0.00	0	0
57	V-45	2470	5,000	10.7	Operativo	0.062	0.49	11.87	356	4,273
58	V-129	2520	150,000	351.0	Operativo	0.062	16.23	389.48	11,684	140,212
59	V-34	2520	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
60	V-128	2520	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
61	V-124	2520	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
62	V-20	2570	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
63	V-122	2570	10,000	14.0	Operativo	0.062	0.65	15.57	467	5,606
64	V-108	2570	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
65	V-106	2570	5,000	12.4	Operativo	0.062	0.57	13.77	413	4,958
66	V-57	2570	5,000	10.8	Operativo	0.062	0.50	12.03	361	4,330
67	V-96	2570	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
68	V-112	2600	10,000	27.7	Operativo	0.062	1.28	30.73	922	11,062
69	V-17	2600	10,000	14.5	Operativo	0.062	0.67	16.09	483	5,793
70	V-117	2600	5,000	10.8	Operativo	0.062	0.50	12.03	361	4,330
71	V-32	2620	10,000	29.8	Operativo	0.062	1.38	33.07	992	11,905
72	V-133	2620	150,000	390.3	Operativo	0.062	18.04	433.08	12,992	155,908
73	V-86	2620	110,000	300.2	Operativo	0.062	13.88	333.10	9,993	119,917
74	V-99	2620	5,000	9.1	Operativo	0.062	0.42	10.09	303	3,632
75	V-21	2270	10,000	27.7	Operativo	0.062	1.28	30.73	922	11,062
76	V-71	2270	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
77	V-30	2295	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
78	V-123	2295	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
79	V-100	2295	10,000	18.1	Operativo	0.062	0.84	20.04	601	7,215
80	V-28	2295	10,000	29.8	Operativo	0.062	1.38	33.07	992	11,905
81	V-70	2295	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
82	V-113	2320	10,000	27.7	Operativo	0.062	1.28	30.73	922	11,062
83	V-137	2320	30,000	119.0	Operativo	0.062	5.50	132.06	3,962	47,541
84	V-102	2320	5,000	9.1	Operativo	0.062	0.42	10.09	303	3,632
85	V-60	2348	5,000	0.0	Apagado	0.062	0.00	0.00	0	0
86	V-105	2370	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
87	V-127	2320	18,000	60.0	Operativo	0.062	2.77	66.54	1,996	23,953
88	V-61	2404	5,000	10.7	Operativo	0.062	0.49	11.87	356	4,273
89	V-138	2420	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
90	V-126	2320	18,000	53.6	Operativo	0.062	2.48	59.45	1,783	21,401
91	V-125	2220	18,000	33.9	Operativo	0.062	1.57	37.61	1,128	13,539
92	V-69	2220	18,000	59.5	Operativo	0.062	2.75	66.03	1,981	23,770
93	V-90	2220	10,000	33.7	Operativo	0.062	1.56	37.43	1,123	13,473
94	V-135	2245	30,000	72.8	Operativo	0.062	3.37	80.77	2,423	29,079
95	V-139	2245	30,000	121.3	Operativo	0.062	5.61	134.60	4,038	48,455
96	V-75	2245	5,000	10.7	Operativo	0.062	0.49	11.87	356	4,273
97	V-136	2245	30,000	109.9	Operativo	0.062	5.08	121.97	3,659	43,910
98	V-130	2245	30,000	0.0	Apagado	0.062	0.00	0.00	0	0
99	V-14	2245	10,000	21.2	Operativo	0.062	0.98	23.52	706	8,468
100	V-68	2245	18,000	59.7	Operativo	0.062	2.76	66.29	1,989	23,864
101	V-134	2245	30,000	73.8	Operativo	0.062	3.41	81.94	2,458	29,497

ANEXO IV

Curvas características de los ventiladores principales

FICHA TÉCNICA VENTILADOR V-88

MARSA <small>MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.</small>		CÓDIGO: V-88				
		Marca	AIRTEC			
		Modelo	VAV-66-30-1750-II-B			
FECHA:	21/04/2022	RESPONSABLE:	David Cansaya P.			
PARÁMETRO	MECÁNICO			ELÉCTRICO		
	Ítem	Nominal	Real	Ítem	Nominal	Real
	Tipo	Axial		Tipo	Trifásico	
	Caudal (cfm):	150,000	159,554	Voltaje (V):	460	414.00
	Presión Total	18	11.5	Amperaje (A):	470	381.33
	Etapas	II		Potencia (HP):	400	321.30
MINA	Ø carcasa (m):	1.68		Velocidad	1795	
	Ø cono difusor (m):	1.9		Eficiencia (%):	100% / 80%	
	Frecuencia (Hz):			Frecuencia (Hz):	60	
Nivel:	3410		Densidad (Kg/m3):	0.85		
Circuito:	SAN VICENTE		Clase:	Principal		
Ubicación:	XC 9855-SW		Tipo:	Extractor		
Función:	Evacuar aire viciado de los niveles 3220 y 3175 a través del XC 3410 hacia la BM San Vicente.					
Observaciones:						



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS:

Ventilador V-88



Placa ventilador V-88

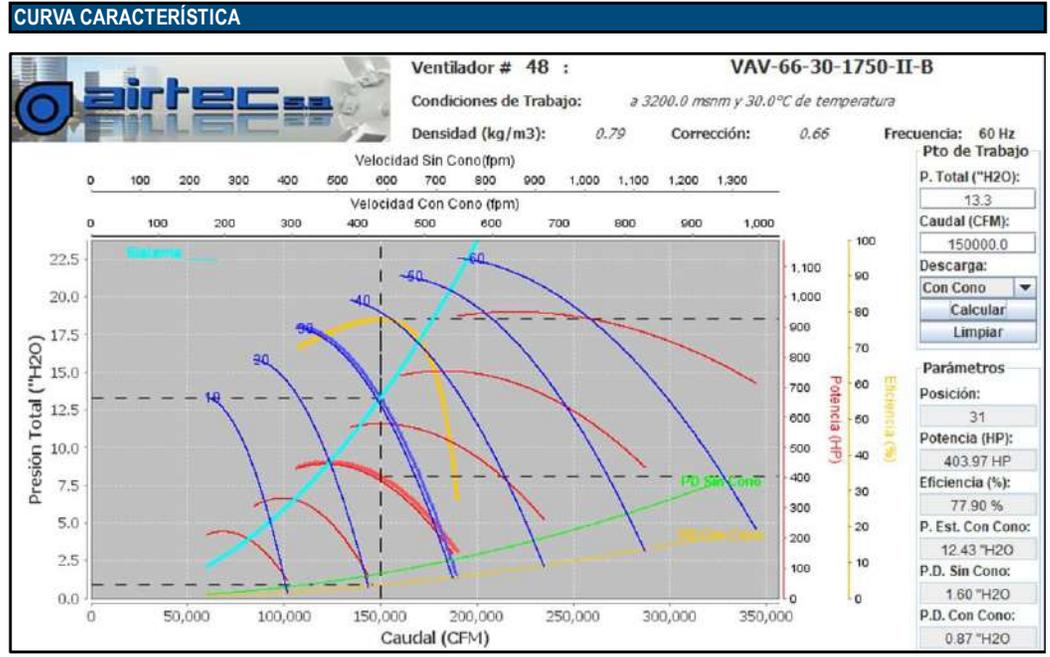


Pinza amperimétrica



FICHA TÉCNICA VENTILADOR V-133

 MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.		CÓDIGO: V-133			
		Marca	AIRTEC		
FECHA: 21/04/2022		RESPONSABLE: David Cansaya P.			
PARÁMETRO	MECÁNICO		ELÉCTRICO		
	Ítem	Nominal	Real	Ítem	Nominal
	Tipo	Axial		Tipo	Trifásico
	Caudal (cfm):	150,000	145,772	Voltaje (V):	4160
	Presión Total	18	13.4	Amperaje (A):	55
	Etapas	II		Potencia (HP):	400
Ø carcasa (m):	1.68		Velocidad	1789	
Ø cono difusor (m):	2.3		Eficiencia (%):	100%	
			Frecuencia (Hz):	60	
MINA	Nivel:	2620		Densidad (Kg/m3):	0.85
	Circuito:	RC-43		Clase:	Principal
	Ubicación:	XC 10255 NE		Tipo:	Extractor
	Función:	Evacuar aire viciado proveniente de las zonas Valeria IV y V, a través de los ejes RC 43 y RB 12 hacia superficie.			
	Observaciones:	Se calculó la potencia del ventilador con la data mostrada en el sistema SCADA (Sala de Planeamiento).			



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS:

Ventilador V-133



Placa ventilador V-133



PLC - V 129



FICHA TÉCNICA VENTILADOR V-129

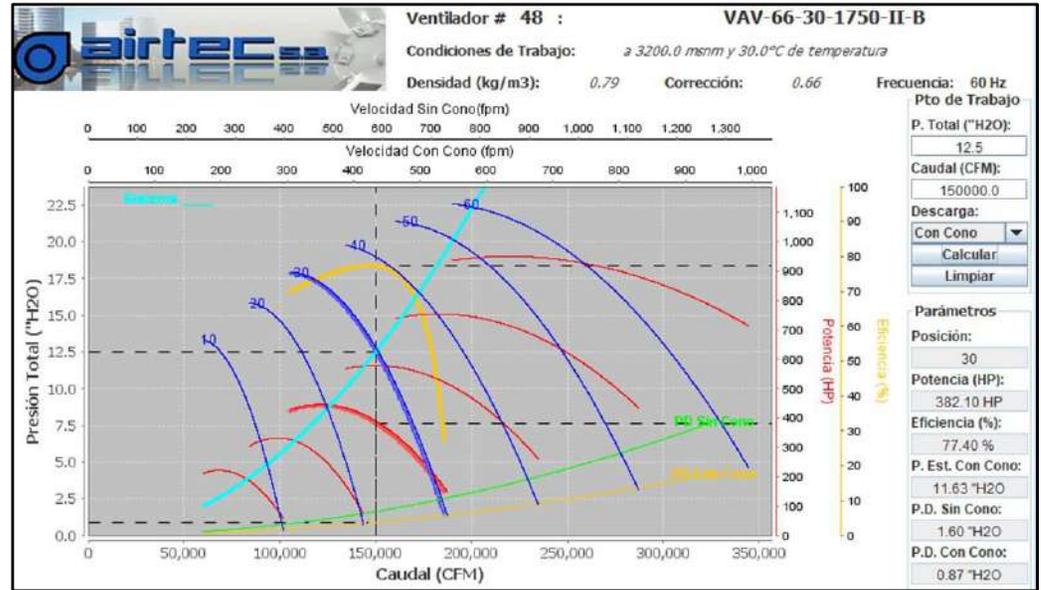
 MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.	CÓDIGO: V-129	
	Marca	AIRTEC
	Modelo	VAV-66-30-1750-II-

FECHA: 21/04/2022 RESPONSABLE: David Cansaya P.

PARÁMETRO	MECÁNICO			ELÉCTRICO		
	Ítem	Nominal	Real	Ítem	Nomina	Real
Tipo		Axial		Tipo	Trifásico	
Caudal (cfm):		150.000	#####	Voltaje (V):	460	449.30
Presión Total ("C.A.):		19.2	14.8	Amperaje (A):	470	364.30
Etapas		II		Potencia (HP):	400	351.00
Ø carcasa (m):		1.68		Velocidad	1784	1635
Ø camp. admisión		2.2		Eficiencia (%):	100%	88%
				Frecuencia (Hz):	60	55

MINA	Nivel:		Densidad (Kg/m3):	
			2520	
	Circuito:		Clase:	
		RC 10		Principal
	Ubicación:		Tipo:	
		RC 10 III		Extractor
	Función:			
	Evacuar aire viciado proveniente de las zonas Valeria IV y V, a través del eje RC 10 hacia la BM Chilcas.			
	Observaciones:			
	No se pudo acceder al cono difusor del ventilador por tamaño reducido de la puerta de ingreso.			

CURVA CARACTERÍSTICA



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS:

Ventilador V-129



Placa ventilador V-129



Pinza amperimétrica



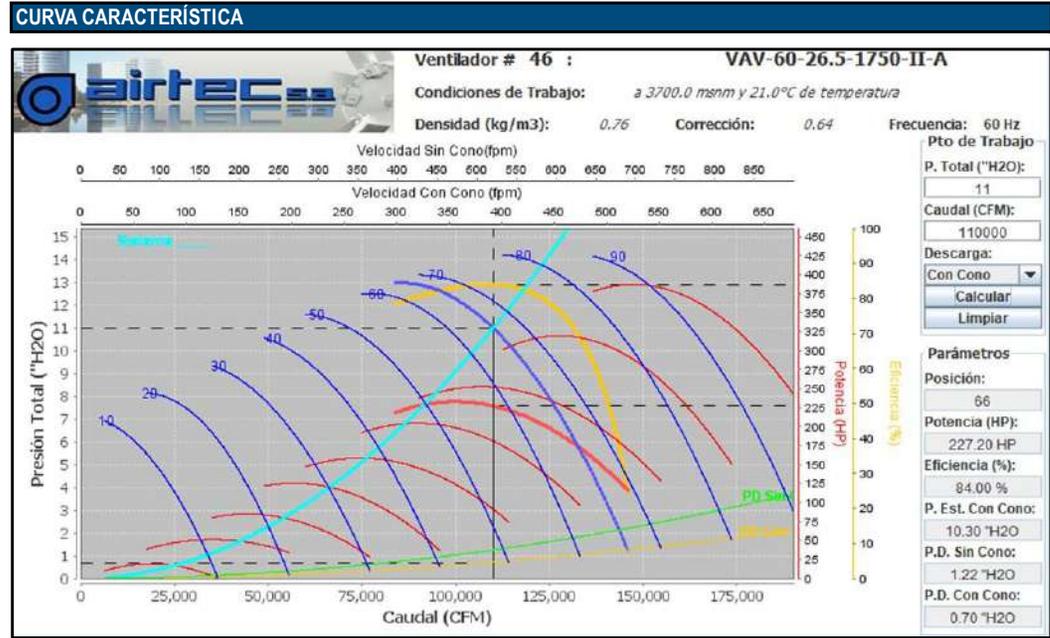
FICHA TÉCNICA VENTILADOR V-78

MARSA <small>MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.</small>	CÓDIGO: V-78
Marca	AIRTEC
Modelo	VAV-60-26.5-1750-II-

FECHA: 22/04/2022 **RESPONSABLE:** David Cansaya P.

PARÁMETRO	MECÁNICO			ELÉCTRICO		
	Ítem	Nominal	Real	Ítem	Nomina	Real
Tipo	Axial			Trifásico		
Caudal (cfm):	110,000	126,399		Voltaje (V):	460	479.33
Presión Total	16	9.5		Amperaje (A):	330	258.30
Etapas	II			Potencia (HP):	300	252.20
Ø carcasa (m):	1.52			Velocidad	1790	1790
Ø cono difusor (m):	1.58			Eficiencia (%):	100%	84%
				Frecuencia (Hz):	60	60

MINA	Nivel:	2950	Densidad (Kg/m3):	0.85
	Circuito:	RB-11	Clase:	Principal
	Ubicación:	XC 10236-E	Tipo:	Extractor
	Función:	Evacuar aire viciado proveniente de los niveles 2820, 2770, 2720 y 2670 a través del RB 11.		
Observaciones:				



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS:

Ventilador V-78



Placa ventilador V-78



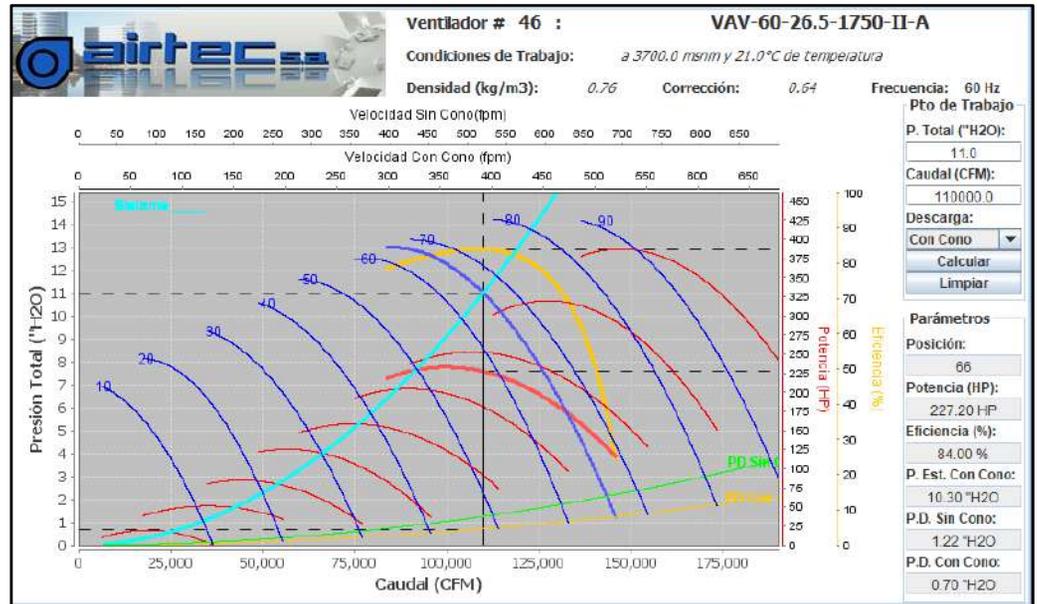
Pinza amperimétrica



FICHA TÉCNICA VENTILADOR V-87

 MINERA ALRÍFERA RETAMAS S.A.		CÓDIGO: V-87				
		Marca	AIRTEC			
FECHA: 22/04/2022		RESPONSABLE: David Cansaya P.				
PARÁMETRO	MECÁNICO			ELÉCTRICO		
	Ítem	Nominal	Real	Ítem	Nominal	Real
	Tipo	Axial		Tipo	Trifásico	
	Caudal (cfm):	110,000		Voltaje (V):	460	476.67
	Presión Total ("C.A.):	16	10.2	Amperaje (A):	330	237.70
	Etapas	II		Potencia (HP):	331	207.50
MINA	Ø carcasa (m):	1.52		Velocidad	1790	1641
	Ø cono difusor (m):	1.6		Eficiencia (%):	100%	63%
				Frecuencia (Hz):	60	55
	Nivel:	2950		Densidad (Kg/m3):	0.85	
	Circuito:	FAR WEST		Clase:	Principal	
	Ubicación:	XC FW-E		Tipo:	Extractor	
	Función:	Evacuar aire viciado de los niveles 2620 y 2950, a través de los ejes RC 41, RB 07 hacia XC FAR WEST (BM R-2).				
	Observaciones:	No se realizó la medición de presiones en el ventilador por obstrucción del silenciador junto a la infraestructura y sección angosta.				

CURVA CARACTERÍSTICA



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS:

Infraestructura del ventilador



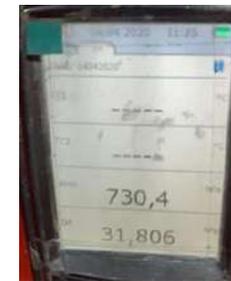
Placa ventilador V-87



Registro de parámetros eléctricos



Registro de parámetros mecánicos



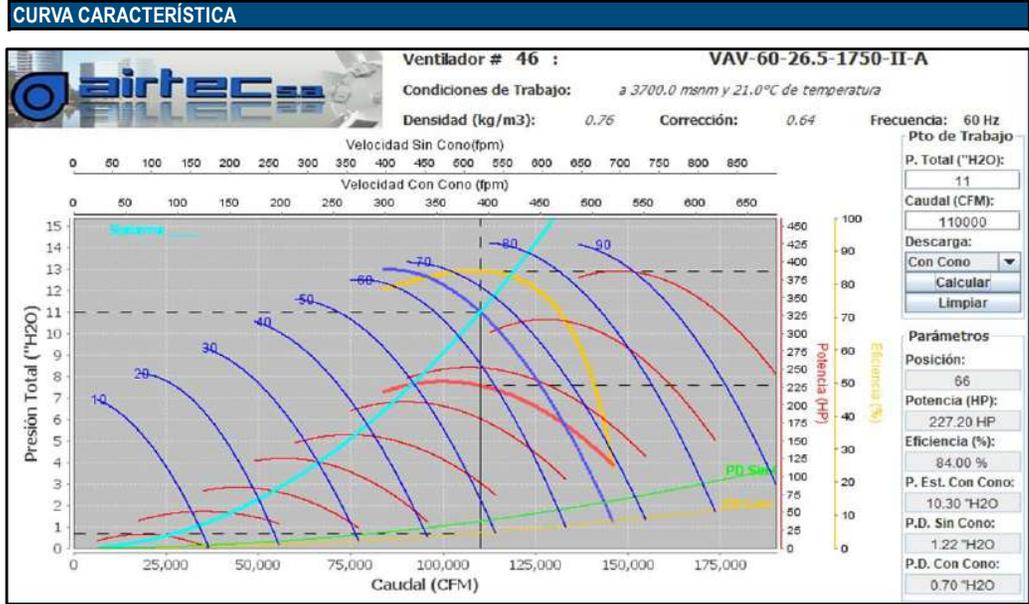
FICHA TÉCNICA VENTILADOR V-86

MARSA <small>MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.</small>	CÓDIGO: V-86
Marca: AIRTEC	Modelo: VAV-60-26.5-1750-II-A

FECHA: 22/04/2022 RESPONSABLE: David Cansaya P.

PARAMETRO	MECÁNICO			ELÉCTRICO		
	Ítem	Nominal	Real	Ítem	Nominal	Real
Tipo	Axial			Trifásico		
Caudal (cfm):	110,000	117,325		Voltaje (V):	460	477.00
Presión Total	16	12		Amperaje (A):	330	314.30
Étapas	II			Potencia (HP):	300	300.20
Ø carcasa (m):	1.52			Velocidad	1780	1780
Ø cono difusor (m):	2			Eficiencia (%):	100%	85%
				Frecuencia (Hz):	60	60

MINA	Nivel:	2620	Densidad (Kg/m3):	0.85
	Circuito:	FAR WEST	Clase:	Secundario
	Ubicación:	GAL 10440S (EST 5)	Tipo:	Extractor
	Función:	Extraer aire viciado proveniente del NV2620 a través de los ejes RC 41, RB 07 hacia el XC Far West.		
	Observaciones:			



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS:

Registro de parámetros eléctricos en el tablero de arranque del ventilador.



Placa del ventilador.



Registro de parámetros eléctricos.

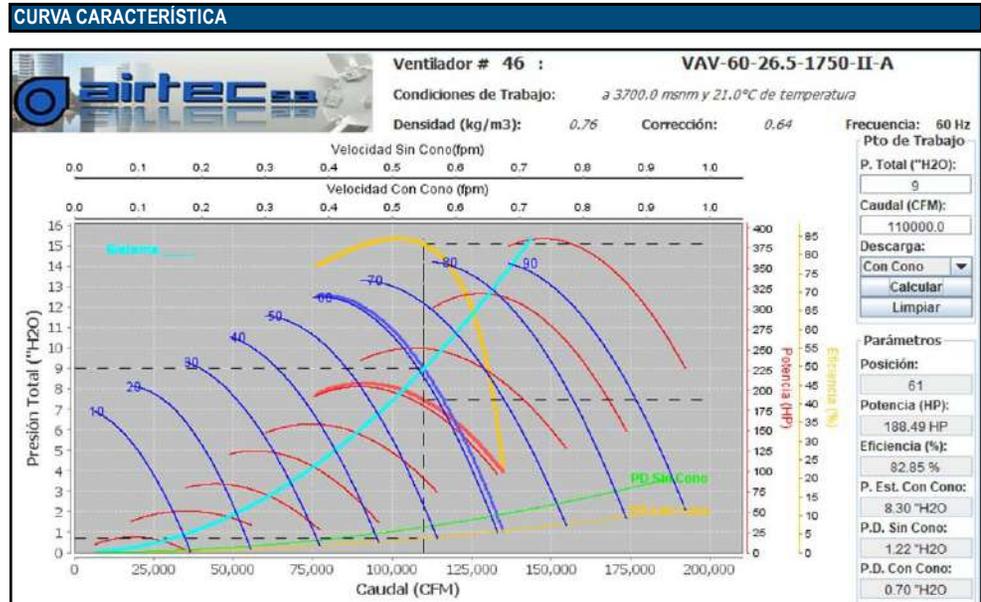


Medición de presiones del ventilador.



FICHA TÉCNICA VENTILADOR V-77

 MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.		CÓDIGO: V-77				
		Marca: AIRTEC Modelo: VAV-60-26.5-1750-II-A				
FECHA: 22/04/2022		RESPONSABLE: David Cansaya P.				
PARÁMETRO	MECÁNICO		ELÉCTRICO			
	Ítem	Nominal	Real	Ítem	Nominal	Real
	Tipo	Axial		Tipo	Trifásico	
	Caudal (cfm):	110,000	125,998	Voltaje (V):	460	365.97
	Presión Total ("C.A.):	16	9	Amperaje (A):	330	269.70
	Etapas	II		Potencia (HP):	331	197.20
∅ carcasa (m):	1.52		Velocidad	1790	1790	
∅ cono difusor (m):	1.6		Eficiencia (%):	100%	60%	
			Frecuencia (Hz):	60	60	
MINA	Nivel:	2950		Densidad (Kg/m3):	0.85	
	Circuito:	FAR WEST		Clase:	Principal	
	Ubicación:	XC FW-E		Tipo:	Extractor	
	Función:	Evacuar aire viciado de los niveles 2620 y 2950, a través de los ejes RC 41, RB 07 hacia XC FAR WEST (BM R-2).				
	Observaciones:	No se realizó la medición de presiones en el ventilador por obstrucción del silenciador junto a la infraestructura y sección angosta.				



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS:

Puerta de acceso atascada



Placa ventilador V-77



ANEXO V

Evidencias fotográficas



Ilustración 1. Medición en el ingreso de aire de la bocamina Rampa Patrick, nivel 3170



Ilustración 2. Medición en el ingreso de aire de la bocamina Rampa Patrick, nivel 3170



Ilustración 3. Medición en el ingreso de aire de la bocamina Rampa Paralela, nivel 3170



Ilustración 4. Medición en la salida de aire del RB 12, nivel 3340



Ilustración 5. Medición en el ingreso de aire del RB 3 - Pomachay, nivel 3410



Ilustración 6. Medición en la salida de aire de la Bocamina San Vicente, nivel 3410

ANEXO VI

Matriz de consistencia

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	
¿Qué acciones se debe realizar para mejorar las condiciones termo ambientales en las zonas profundas de la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A., Parcoy, La Libertad?	Proponer una mejora de las condiciones termo ambientales, con la implementación de ventiladores principales en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A., Parcoy, La Libertad.	Considerando que existe deficiente caudal de ingreso de aire; con la implementación de ventiladores principales mejora las condiciones termo ambientales en la Unidad Minera Aurífera Retamas S. A.,	Selección y ubicación de ventiladores principales.	Dimensión de las labores mineras. Factor de choque. Factor de fricción. Personal y equipos.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLES DEPENDIENTES	
a) ¿De qué manera se presenta las condiciones termo ambientales deficientes en el sistema de ventilación de las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V?	a) Describir las condiciones deficientes en el sistema de ventilación de las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V.	a) El estudio de las condiciones termo ambientales de las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V; brinda datos con temperaturas altas en las zonas profundas y bajo rendimiento de los trabajadores.	-Condiciones termo ambientales de trabajo.	Velocidad del aire. Temperatura de bulbo seco Temperatura de bulbo húmedo
b) ¿Por qué el diseño del sistema de ventilación es irregular por presentar déficit y superávit en la cobertura de aire para las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V?	b) Realizar el diseño del sistema de ventilación para equilibrar la cobertura de aire para las zonas de: San Vicente, Chilcas, Valeria I – II – III – IV y V	b) El diseño del sistema de ventilación mejora las coberturas de aire en base a la implementación de ventiladores y la construcción de tapones para regular la cantidad de aire para cada zona.	-Déficit y superávit de caudal.	Densidad del aire. Humedad relativa.
c) ¿Qué escenarios se deben de proponer para mejorar las condiciones termo ambientales en la Unidad Minera Aurífera Retamas S. A.?	c) Proponer distintos escenarios que mejoren las condiciones termo ambientales en la zona profunda de la mina y en las zonas de explotación.	c) Al analizar los distintos escenarios propuestos se selecciona el escenario donde nos incrementa mayor caudal de ingreso de aire fresco y reduzca las temperaturas ambientales en las zonas profundas y de explotación.	-Escenarios de ventilación.	Consumo de madera Disponibilidad mecánica. Utilización de los equipos. Resistencia de la mina.
			METODOLOGÍA	
			TIPO DE INVESTIGACIÓN	
			Analítico	
			NIVEL DE INVESTIGACIÓN	
			Correlacional y Descriptivo	

ANEXO VII

Plano unifilar del sistema de ventilación

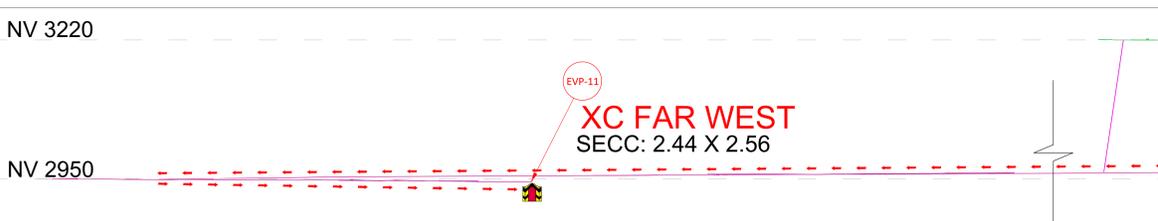
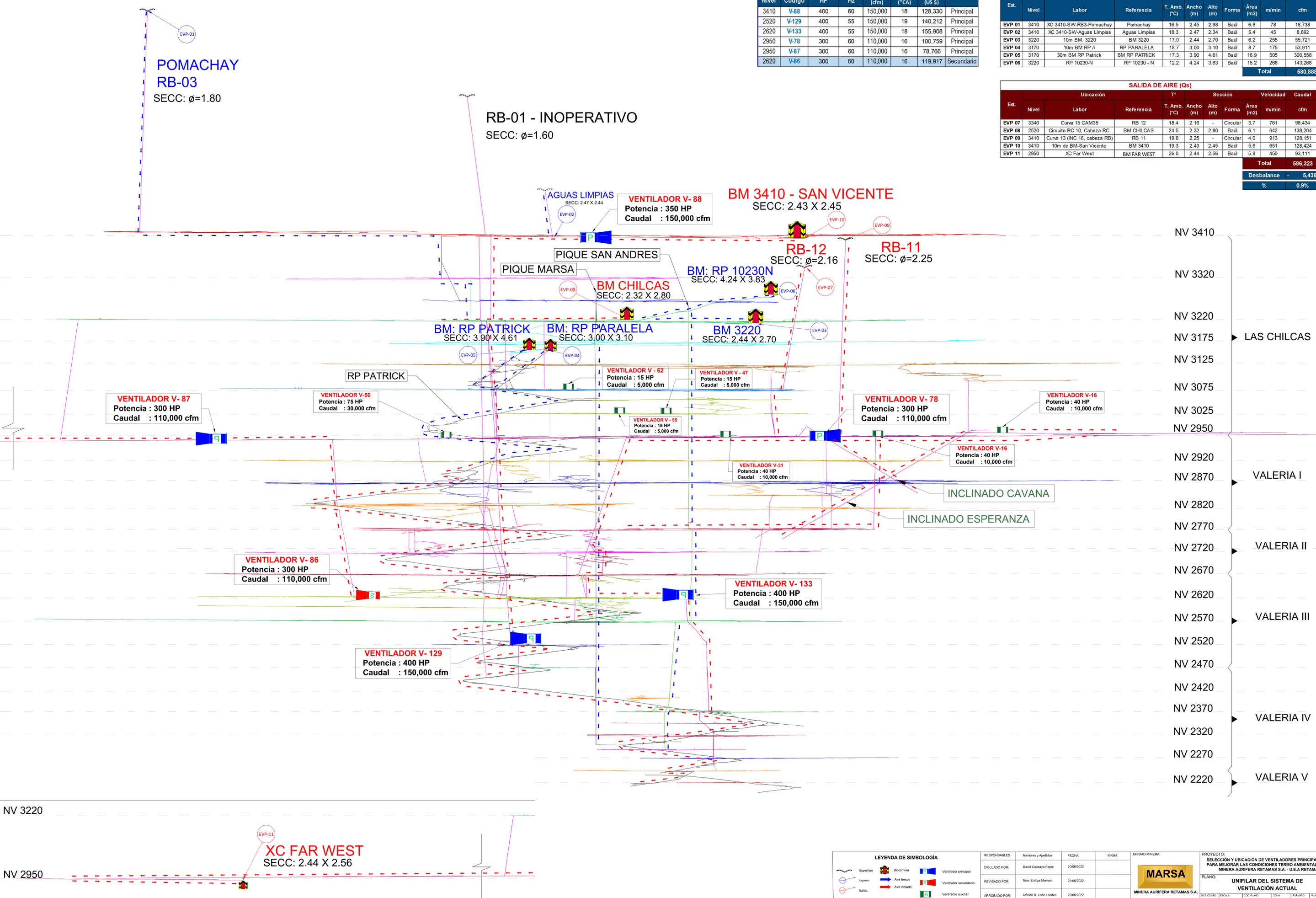
Tabla 1. Características de los ventiladores

Ubicación	Pot. Nom.	Frec.	Caudal nominal (cfm)	Presión nominal ("CA)	Costo anual (US \$)	CLASE	
3410	V-88	400	60	150,000	18	128,330	Principal
2520	V-129	400	55	150,000	19	140,212	Principal
2620	V-133	400	55	150,000	18	155,908	Principal
2950	V-78	300	60	110,000	16	100,759	Principal
2950	V-87	300	60	110,000	16	78,766	Principal
2620	V-86	300	60	110,000	16	119,917	Secundario

Tabla 2. Aforo y balance de aire

INGRESO DE AIRE (Qi)											
Est.	Ubicación			T*			Sección		Velocidad		Caudal
	Nivel	Labor	Referencia	T. Amb. (°C)	Ancho (m)	Alto (m)	Forma	Área (m²)	m/min	cfm	
EVP 01	3410	XC 3410-SW-RB3-Pomachay	Pomachay	16.5	2.45	2.98	Baúl	6.8	78	18,738	
EVP 02	3410	XC 3410-SW-Aguas Limpias	Aguas Limpias	18.3	2.47	2.34	Baúl	5.4	45	8,692	
EVP 03	3220	10m BM 3220	BM 3220	17.0	2.44	2.70	Baúl	6.2	255	55,721	
EVP 04	3170	10m BM RP //	RP PARALELA	18.7	3.00	3.10	Baúl	8.7	175	53,911	
EVP 05	3170	30m BM RP Patrick	BM RP PATRICK	17.3	3.90	4.61	Baúl	15.2	505	300,568	
EVP 06	3220	RP 10230-N	RP 10230 - N	12.2	4.24	3.83	Baúl	15.2	266	143,268	
Total										580,888	

SALIDA DE AIRE (Qs)											
Est.	Ubicación			T*			Sección		Velocidad		Caudal
	Nivel	Labor	Referencia	T. Amb. (°C)	Ancho (m)	Alto (m)	Forma	Área (m²)	m/min	cfm	
EVP 07	3340	Cuna 15 CAM35	RB 12	18.4	2.16	-	Circular	3.7	761	98,434	
EVP 08	2520	Circuito RC 10, Cabeza RC	BM CHILCAS	24.5	2.32	2.80	Baúl	6.1	642	138,204	
EVP 09	3410	Cuna 13 (INC 16, cabeza RB)	RB 11	19.6	2.25	-	Circular	4.0	913	128,151	
EVP 10	3410	10m de BM-San Vicente	BM 3410	19.3	2.43	2.45	Baúl	5.6	651	128,424	
EVP 11	2950	XC Far West	BM FAR WEST	26.0	2.44	2.56	Baúl	5.9	450	93,111	
Total										586,323	
Desbalance										- 5,436	
%										0.9%	



LEYENDA DE SIMBOLOGÍA

	Superficie		Bocamina		Ventilador principal
	Ingreso		Aire fresco		Ventilador secundario
	Salida		Aire reciclado		Ventilador auxiliar

RESPONSABLES:	Nombres y Apellidos	FECHA:	FIRMA:
DIBUJADO POR:	David Camayo Pajuelo	20/06/2022	
REVISADO POR:	Noe Zuriga Mamani	21/06/2022	
APROBADO POR:	Alfredo D. León Landeo	22/06/2022	

UNIDAD MINERA: **MARSA**
MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.

PROYECTO: SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE VENTILADORES PRINCIPALES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES TERMO AMBIENTALES MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. - U.E.A RETAMAS

PLANO: UNIFILAR DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ACTUAL

WGS-84 ESCALA: 1:2500 COORDENADAS: CASO-12 ZONA: 18-S FORMATO: A-0 PLANO Nº: 01

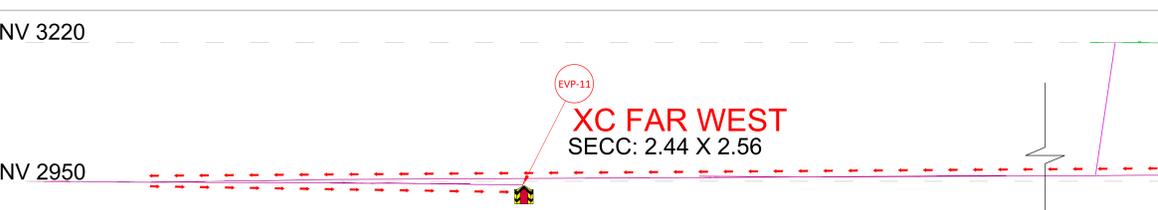
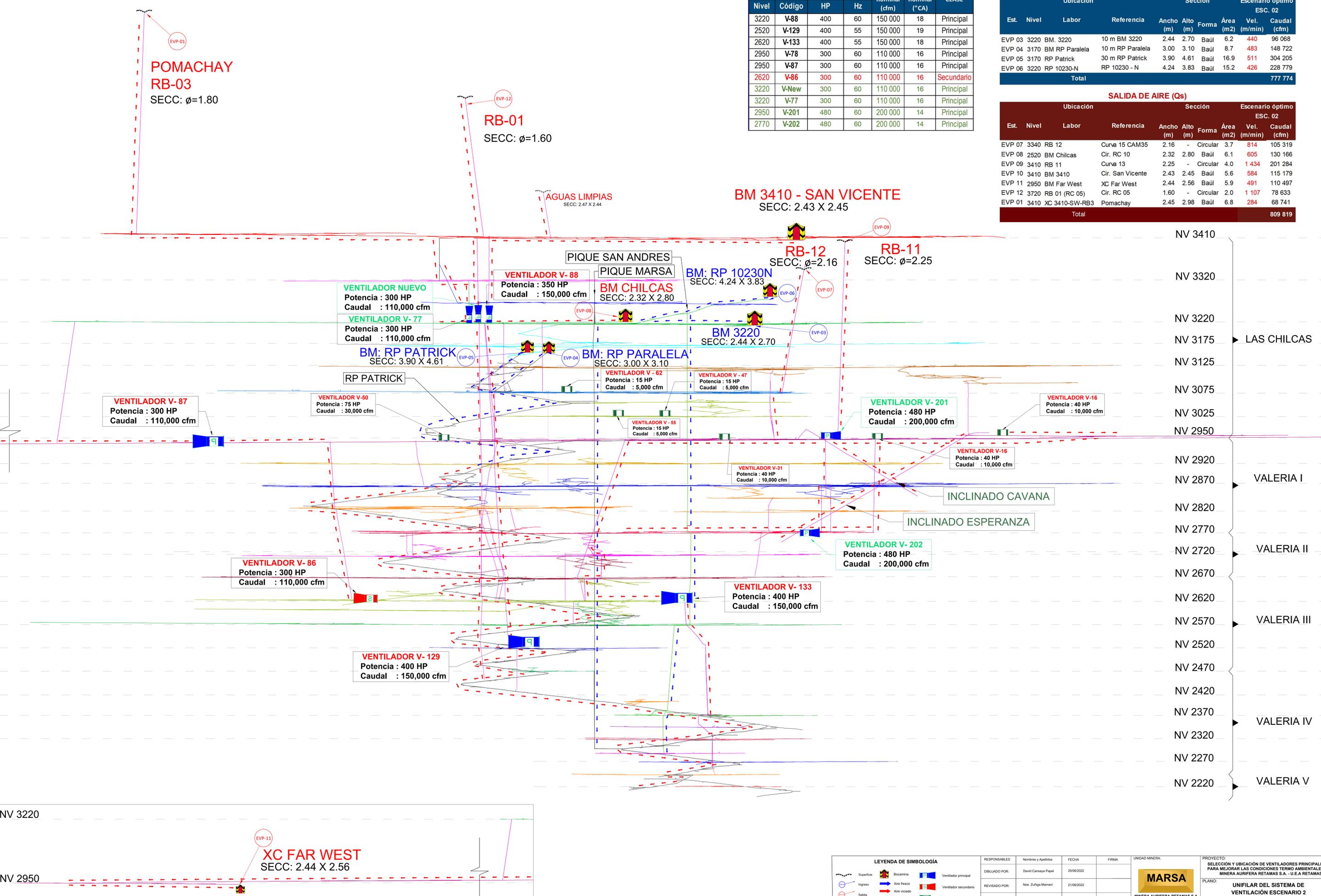
Tabla 1. Características de los ventiladores

Ubicación	Pot. Nom.	Frec.	Caudal nominal (cfm)	Presión nominal ("CA)	CLASE
3220 V-88	400	60	150 000	18	Principal
2520 V-129	400	55	150 000	19	Principal
2620 V-133	400	55	150 000	18	Principal
2950 V-78	300	60	110 000	16	Principal
2950 V-87	300	60	110 000	16	Principal
2620 V-86	300	60	110 000	16	Secundario
3220 V-New	300	60	110 000	16	Principal
3220 V-77	300	60	110 000	16	Principal
2950 V-201	480	60	200 000	14	Principal
2770 V-202	480	60	200 000	14	Principal

Tabla 2. Aforo de aire del escenario óptimo

INGRESO DE AIRE (Qi)									
Ubicación		Sección				Escenario óptimo ESC. 02			
Est.	Nivel	Labor	Referencia	Ancho (m)	Alto (m)	Forma	Área (m2)	Vel. (m/min)	Caudal (cfm)
EVP 03	3220	BM. 3220	10 m BM 3220	2.44	2.70	Baúl	6.2	440	96 068
EVP 04	3170	BM RP Paralela	10 m RP Paralela	3.00	3.10	Baúl	8.7	483	148 722
EVP 05	3170	RP Patrick	30 m RP Patrick	3.90	4.61	Baúl	16.9	511	304 205
EVP 06	3220	RP 10230-N	RP 10230 - N	4.24	3.83	Baúl	15.2	426	228 779
Total									777 774

SALIDA DE AIRE (Qs)									
Ubicación		Sección				Escenario óptimo ESC. 02			
Est.	Nivel	Labor	Referencia	Ancho (m)	Alto (m)	Forma	Área (m2)	Vel. (m/min)	Caudal (cfm)
EVP 07	3340	RB 12	Curva 15 CAM35	2.16	-	Circular	3.7	814	105 319
EVP 08	2520	BM Chilcas	Cir. RC 10	2.32	2.80	Baúl	6.1	605	130 166
EVP 09	3410	RB 11	Curva 13	2.25	-	Circular	4.0	1 434	201 284
EVP 10	3410	BM 3410	Cir. San Vicente	2.43	2.45	Baúl	5.6	584	115 179
EVP 11	2950	BM Far West	XC Far West	2.44	2.56	Baúl	5.9	491	110 497
EVP 12	3720	RB 01 (RC 05)	Cir. RC 05	1.60	-	Circular	2.0	1 107	78 633
EVP 01	3410	XC 3410-SW-RB3	Pomachay	2.45	2.98	Baúl	6.8	284	68 741
Total									809 819



LEYENDA DE SIMBOLOGÍA		RESPONSABLES		FECHA		FIRMA		UNIDAD MINERA:	
Superficie	Bocamina	Nombre y Apellidos	David Canaya Papal	23/06/2022			MARSÁ		
Ingreso	Aire fresco	Revisado por:	Nor. Zúñiga Mamani	21/06/2022			MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. - U.E.A RETAMAS		
Salida	Aire viciado	Aprobado por:	Alejo D. León Landeo	23/06/2022			PLANO: UNIFILAR DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ESCENARIO 2		
	Ventilador principal						SET: 02280 ESCALA: 1/2500		
	Ventilador secundario						SIC: PLANO: CAD3D-22		
	Ventilador auxiliar						CAMA: 18 - S		
							A.O: A.O		
							PLANO: 02		