UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN A CORTO PLAZO EN LA UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA - AYACUCHO"

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR: BACH. ALBER LOAYZA HUARI

ASESOR: Dr. FLORENTINO YANA JAHUIRA

CUSCO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en mi formación profesional y por acompañarme y ser mi fortaleza en los instantes más difíciles.

A Gaby Vargas Valencia, Maruja Loayza Huari, por la bendición a diario que me protege y me lleva por el camino del bien, pues ellas forjaron el cimiento elemental para construir mi vida profesional, por eso les doy mi trabajo como ofrenda por su amor como madre y apoyo incondicional hasta el último día que se despidieron nuestras vidas.

A, mi madre **Carlota Huari** y mis hermanos **Jhon Loayza** y **Elizabeth Loayza,** por demostrarme que la perseverancia y buenos valores son los caminos del éxito.

A, mi hijo **Marcelo Loayza,** por darme la alegría y ser el motivo emocional, para conseguir los objetivos en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

"A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, y especial a mi Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por mi formación profesional en sus aulas".

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por sus enseñanzas y su apoyo incondicional, al Dr. Florentino Yana Jahuira, no solo por el papel tan importante de asesor, sino también por los consejos y guía durante la realización de este trabajo.

RESUMEN

“La ventilación es un problema constante en todas las minas subterráneas, debido a que se vuelve más complejo e insuficiente a medida que se hacen profundizaciones y expansiones de labores, y ello fue un motivo excepcional para poder centrarse en este estudio al que se denomina, OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN A CORTO PLAZO EN LA UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA – AYACUCHO”.

“Dicho estudio se enfoca en U. O. Pallancata, perteneciente Compañía Ares S.A.C. Una mina con vetas variantes 0.3 – 3.0 m. de potencia, productora de plata con normas 254 g/TM y oro con leyes 1.82 g/TM, situado en la Comunidad Campesina de Pallancata, Distrito Coronel Castañeda, Provincia Parinacochas Departamento Ayacucho”.

“De acuerdo al LOM (vida de la mina) traspasado por U.O. Pallancata, el tiempo útil a la mina, expande en 3 años hasta (2021), especialmente basado principalmente en la zona de explotación Pablo, es más tiene un problema considerable y cobertura de ventilación de (56% en la actualidad), es importante definir los nuevos ejes de ventilación logrando cubrir al 100% de los requerimientos”.

“Partiendo desde una línea base de una validación de datos y bajo el soporte de software VentsimTM Design 5.1, que nos permite simular un sistema de ventilación presente y desarrollar soluciones y alternativas a corto y a mediano plazo es más los diseños de ventilación auxiliar permite los análisis (identificar el tamaño y numero de ventiladores tanto el lugar y dimensiones optimas de chimeneas) anteriormente de su realización, Por tanto, se desea lograr un sistema flexible, positivo y financiero, impidiendo de este cualidad de gastos innecesarios en la ejecución de chimeneas de diámetros inadecuados, además es muy necesario identificar la ubicación de las zonas donde se ubica los labores del plano teniendo en cuenta la calidad de

la roca (RMR) superior a 30 y evitar la selección e instalación de ventiladores fuera de su curva de operación”.

Palabras Claves: sistema de ventilación, aire contaminado, software ventsim, minería subterránea, minería subterránea y planificación.

ABSTRACT

Ventilation is a constant problem in all underground mines, because it becomes more complex and insufficient as work is deepened and expanded, and this was an exceptional reason to focus on this study called OPTIMIZATION OF THE SHORT TERM VENTILATION SYSTEM IN THE OPERATIONAL UNIT PALLANCATA – AYACUCHO.

Said study is focused on the Pallancata Operative Unit, which belongs to Compañía Minera Ares S.A.C. It is an underground mine with veins that vary from 0.3 – 3.0 m. of power that produces silver with grades of 254 g/MT and gold with grades of 1.82 g/MT, located in the Peasant Community of Pallancata, Coronel Castañeda District, Parinacochas Province, Ayacucho Department.

According to the LOM (life of mine) delivered by the U.O. Pallancata, the useful life of the mine is extended by 03 years (until 2021), it is mainly based on the exploitation of the "Pablo" zone, it is also the one with the greatest problem in terms of ventilation coverage (currently 56%); it is then necessary to define new ventilation axes in order to cover 100% of the requirement.

Starting from a baseline of data validation and under the support of the VentsimTM Design 5.1 software, it will allow us to simulate the current ventilation system and carry out different solution alternatives in the short and medium term, in addition to auxiliary ventilation designs, allowing them to be analyzed. (determine the number and size of fans, as well as the location and optimal dimensions of the chimneys) before its execution. Therefore, it is desired to achieve a flexible, safe and economical system, thus avoiding unnecessary expenses in the execution of chimneys of inadequate diameters, it is also very important to define the areas where the workings will be located on the surface, taking into account the quality of the rock

(RMR) greater than 30 and avoiding the selection and installation of fans outside their operating curve.

Keywords: ventilation system, polluted air, ventsim software, underground mining, underground mining and planning.

ÍNDICE

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
INTRODUCCION 1

CAPITULO I 3
PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION 3
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMATICA 3
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA 6
1.2.1. PROBLEMA GENERAL 6
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS 6
13. OBJETIVOS DELAINVESTIGACION 6
13.1. OBJETIBO GENERAL 6
13.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 6
1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO 7
1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACION 7
1.6. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACION 8
1.7. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION 8
1.8. HIPÓTESIS 8
1.8.1. HIPÓTESIS GENERAL 8
1.8 2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS 9

CAPITULOII
MARCO TEORICO 10
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION Y MARCO LEGAL 10
2.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION 10
2.1.2. MARRCO LEGAL 11
2.2. BASES TEORICAS 15
2.2.1. FUJJO DE AIRE EN ABERTURAS MINERAS Y DUCTOS 15
2.2.2. ACOPLMUENTO DE VENTILADORES 19
2.2.3. PERDIDAS DE CARGA CIRCUITO DE VENTILACION 22
2.2.4. VENTILADORES 24
2.2.4 .1. CLASIFICACION DE LOS VENTIIADORES 26

2.3. MARCO CONTEXTUAL 28
2.3.1. UBICACIÓN 28
2.3.2. ACCESIBILIDAD 29
2.3.3. CLIMA 30
2.4. GEOLOGIA 31
2.4.1. TIPOS DEDEPOSITO 31
2.4.2. MINERALIZACION 32
2.4.3. RESERVAS DE MINERAL 32
2.5. METODO DE EXPLOTACION 33
2.5.1. CORTE Y RELLENO SEMIMECANIZADO EN LA ZONA YURIKA 33
2.5.1.1. CICLO DE MINADO-CUT AND FILL 35
2.5.1.2. DISEÑO DEBLOQUES 35
2.5.1.3. LABORES DEPREPARACION 36
2.5.2. BENCH AND FILLEN LA ZONA PABLO 38
2.5.2.1. CICLO DE MINADO-BENCH AND FILL 40
2.5.2.2. IABORES DEPREPARACION BENCHAND FILL 41
2.5.3. PERSONAL OPERATIVO 43
2.5.4. APLICACIÓN Y SU IMPORTANCIA 45
2.5.4.1. PLANIFICACIÓN 48
2.5.4.2. PLAN DE GESTIÓN 49
2.5.4.3. REQUERIMIENTOS GENERALES 49
2.5.4.4. PLANO DE VENTILACIÓN. 49
2.5.4.5. INVESTIGACIÓN TÉCNICA 50
2.5.4.6. CÁLCULOS PARA VENTILADORES. 50
2.5.4.7. DISEÑO 50
2.5.4.8. CAUSAS DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LAS MINAS 51
2.5.4.9. BLOQUEO. 51
2.5.4.10. A PRUEBA DE EXPLOSIONES 51
2.5.4.11. CONSTRUIR BARRERAS CONTRA EL POLVO O EL AGUA. 52
2.5.4.12. LOS TABLEROS PARA POLVO DEBEN CONSISTIR EN TABLEROS SIN CLAVOS Y SIN MARCO. 53

CAPITULO III.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 55
3.2. NIVEL 55
3.3. POBLACION Y MUESTRA 55
3.3.1. POBLACION 55
3.3.2. MUESTRA 56
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .. 56
3.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 56
3.4.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 56
3.5. METODOLOGIA DEL TRABAJO 56
3.6. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LA U.O. PALLANCATA ZONA PABLO 57
3.7. SISTEMA DE VENTILACION ACTUAL 59
3.7.2. CALCULO DE COBERTURA 60
3.7.3. ZONA YURIKA 66
3.7.4. CALCULO DE COBERTURA 67
3.8. DIAGNOSTICO MODELO VENTSIM ACTUAL 73
3.9. MODELAMIENTO DE LAS ZONAS “YURIKA” Y “PABLO” 73
3.9.1. PARAMETRO AMBIENTAL 76
3.9.2. RESUMEN DE LA RED ACTUAL 76
3.9.3. CURVA CARACTERISTICA DE RESISTENCIA EN MINA 77
3.10. SISTEMA DE VENTILACION PROYECTADO A MEDIANO PLAZO 80
3.10.1. CALCULO DE COBERTURA 81
3.11. DISEÑO DE ESCENARIOS A MEDIANO PLAZO 86
3.12. DISEÑO DE NUEVOS EJES 89
3.13. ALTERNATIVAS – DISEÑO DE EJE RC 04 Y RB 03 92
3.13.1. ALTERNATIVA 01 95
3.13.2. ALTERNATIVA 02 97
3.13.3. ALTERNTIVA 03 99
3.13.4. ALTERNATIVA 04 101
3.5.1. ALTERNATIVA 04 103
3.14. SIMULACION VENTSIM 106

CAPITULO IV

ANALISIS E IN TERPRETACION DE RESULTADOS 108
4.1. SISTEMA DE VENTILACION A CORTO PLAZO 108
4.2. ANALISIS ECONOMICO - (TRADE OFF) 108
4.2.1. COSTO DE VENTILACION 108
4.2.2. COBERTURA (%) 109
4.2.3. POTENCIA INSTALADA 110
4.2.4. COSTO DE ENERGÍA MENSUAL (USS) 111
4.3 RESUMEN GENERAL Y SUS ALTERNATIVAS 111
CONCLUSIONES 113
RECOMENDACIONES 114
BIBLIOGRAFÍA 115
ANEXOS 116

INDICE DE FIGURAS

Figura l: Plano de ubicación zona Pablo 4
Figura 2: Plano de ubicación zona Yurika 5
Figura 3: Curva de un Ventilador 18
Figura 4: Ejemplo de curvas características de un ventilador Axial con ángulo de paleta variable 19
Figura 5: Curva de dos ventiladores en serie 20
Figura 6: Curva de dos ventiladores en paralelo 21
Figura 7: Ventilador Centrifugo 26
Figura 8: Ventilador de Hélice 27
Figura 9: Ventilador Axial 28
Figura 10: Ubicación de mina Pallancata.....30
Figura 11: Método de explotación - Corte y relleno ascendente.....34
Figura 12: Método de explotación Bench and Fill 39
Figura 13: Modelo Ventsim'P' Design 5.1- Zona "Yurika" 74
Figura 14: Modelo VentsimP' Design 5.1- Zona "Pablo" 75
Figura 15: Vista Longitudinal proyectado al 2019 de acuerdo al LOM 87
Figura 16: Proyecto de Profundización al 2019 - "Pablo" Zona baja. 88
Figura 17: Proyecto de Profundización al 2019- "Pablo" Zona alta.....89
Figura 18: Proyecto de Mejora a mediano plazo 90
Figura 19: Distancias entre labores principales de ventilación 91
Figura 20: RB 03, proyectado al 2019, con la conexión a los NV's 92
Figura 21: RC 04, conectado del NV 4370 a superficie 93
Figura 22: Isometrico – eje de ventilación proyectado RC 04-RB 03.....94
Figura 23: Distancia entre labores principales del sistema de ventilación 94
Figura 24: Curva Ventilador TOMOCORP de 150 kcfm – área de servicios mina –U.O Pallancata 95
Figura 25: Simulación de 02 ventilador de 150 kcfm Curva según data U.O. Pallancata 96
Figura 26: Curva de 02 ventiladores de 150 kcfm al pie del RC 04. – Alternativa 02..98
Figura 27: Distribución de labores principales para la zona "Pablo" Alternativa 03....100
Figura 28: Distribución de labores principales de ventilación Alternativa 04 102

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Operacionalización de las variables.....9
Cuadro 2: Reservas atribuibles a diciembre del 2018 - Unidad Minera Pallancata 32
Cuadro 3: Personal operativo más Equipos Zona "Pablo".....44
Cuadro 4: Cantidad de Equipos Diésel en Zona "Pablo".....44
Cuadro 5: Personal operativo más Equipos Zona "Yurika".....45
Cuadro 6: Cantidad de Equipos Diésel en Zona "Yurika".....45
Cuadro 7: Niveles operativos de zonapablo 57
Cuadro 8: Chimeneas que inyectan aire fresco en la zona Pablo 58
Cuadro 9: Chimeneas que extrae aire fresco en la zona Pablo.....58
Cuadro 10: Resumen de ingreso de aire Zona "Pablo" 59
Cuadro 11: Resumen de salida de aire Zona "Pablo" 60
Cuadro 12: Diferencia ingresos y salidas de aire Zona "Pablo".....60
Cuadro 13: Personal que ingresa a mina 61
Cuadro 14: Requerimiento de caudal para equipos a diesel.;.....62
Cuadro 15: Velocidad mínima para una temperatura dada.....63
Cuadro 16: Cálculo de requerimiento de caudal por temperatura.....64
Cuadro 17: Requerimiento para gases de voladura 65
Cuadro 18: Resumen de requerimiento de aire Zona "Pablo".....65
Cuadro 19: Resumen cobertura de aire Zona "Pablo" 66
Cuadro 20: Resumen de ingreso de aire Zona "Yurika" 66
Cuadro 21: Resumen de salida de aire Zona "Yurika" 67
Cuadro 22: Diferencia ingresos y salida de aire Zona "Yurika" 67
Cuadro 23: Personal que ingresa a mina.....68
Cuadro 24: Requerimiento de caudal para equipos a diésel.....69
Cuadro 25: Requerimiento para gases de voladura 71
Cuadro 26: Resumen de requerimiento de aire Zona "Yurika".....72
Cuadro 27: Resumen de cobertura de aire Zona "Yurika".....72
Cuadro 28: Parámetros ambientales Ventsim™ Design.....76
Cuadro 29: Resumen de la red, estado actual.....77
Cuadro 30: Resumen de potencia instalada, modelo actual.....79
Cuadro 31: Resumen de costo de energía 80

Cuadro 32: Personal que ingresa a mina 81
Cuadro 33.: Requerimiento de caudal para equipos a diesel.....82
Cuadro 34: Cálculo de requerimiento de caudal por temperatura 84
Cuadro 35: Requerimiento de aire-Zona Pablo 85
Cuadro 36. Resumen de requerimiento de aire Zona "Pablo" 83
Cuadro 37: Resumen de la red-, Alternativa 01. 96
Cuadro 38: Resumen de la red-, Alternativa 01. 97
Cuadro 3 9: Resumen de la red -Alternativa 02 98
Cuadro 40: Resumen de Potencia -Alternativa 02.....99
Cuadro 41: Resumen de la red-Alternativa 03 100
Cuadro 42: Resumen de la red-Alternativa 03 101
Cuadro 43: Resumen de la red-Alternativa 04 102
Cuadro 44: Resumen de la red-Alternativa 04 103
Cuadro 45: Flujo de inversión - Alternativa 02.....105
Cuadro 46: Costos unitarios de excavación por avance lineal y volumétrico.....106
Cuadro 47: Resumen de las Alternativas-Anual.....108
Cuadro 48: Resumen de las Alterativas-Mensual.....108
Cuadro 49: Análisis de Costo de Ventilación, anualizado.....109
Cuadro 50: Análisis de Costo de Ventilación, mensual,.....109
Cuadro 51: COBERTURA (%). 110
Cuadro 52: POTENCIA INSTAIADA 110
Cuadro 53: Variación Porcentual - KPI Costo unitario de energía 111

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Curva de resistencia de la mina Pallancata..... 78
Gráfico 2: Selección del diámetro óptimo RB 04 - Método Simulación Ventsim ... 107

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

Cfm: “Pies cúbicos por minuto. Representa flujo de viento a través de una estación en 1 minuto”.

Kcfm: “Pie cúbico/minute en inglés”.

M3/s: “Metros cúbicos por segundo. Representa flujo de viento por una estación en 1 segundo”.

Q: “Flujo de viento, cantidad de este que podría moverse en el iempo, generalmente expresado: m3/min o cfm”.

RPM: “Revoluciones por minuto. Cantidad de vueltas generadas por el motor en 1 minuto”.

Hz: “Hertz, frecuencia repetitiva por una onda en 1 seg”.

CA: “Una unidad de presión similar a la ejercida por la columna de agua con una pulgada de alto a temperatura común”.

η: “La eficiencia mecánica de un ventilador es función del aerodinamismo de este y del punto de funcionamiento de la curva, expresado en porcentaje”.

Pa: “Pascal, modelo internacional de presión atmosférica, equivalente a la presión de 1 Newton actuando sobre una superficie de 1 metro cuadrado”.

H: “Presión y/o caída en Pascales”.

HT: “Caída de presión total”.

HR: “Humedad relativa, la relación entre vapor en el aire y máximo posible a temperatura dada, en %”.

P: “Consistencia del aire, que es conjunto de masa de aire por la unidad de volumen (kg/m3, l b/ft3)”.

RB: “Raise Boring (chimenea), Minería vertical o inclinada, transportando 2 niveles de trabajo”.

RC: “Raise Climber (chimenea), jaula de escalada (Raise Climber) es una plataforma de trabajo diseñada para seguir ascensores verticales o inclinados en trabajos subterráneos”.

RP: “Es un elemento de arquitectura o ingeniería que permite conectar dos lugares de diferente altura. Una rampa permite descender o ascender a un espacio u otro a través de su superficie”.

BM: “Bocamina, la galería o boca de pozo como entrada a la mina”.

CX: “Crucero, encaje minero horizontal sobre desmonte”.

DM: “Disponibilidad mecánica en Diésel”.

FU: “Factor de utilizo en Diésel”,

LOM: “Vida de la mina”.

DTH: “Perforadoras con martillo de fondo (Down the Hole, DTH)”

INTRODUCCION

Capítulo I: Problema. Se señalan elementos esenciales, como la enunciación del problema general, que identifica los objetivos, justificación, supuestos y operatividad de las variables.

Capítulo II: Marco teórico. Se aclara el marco lógico y el sustento conveniente necesario para llevar a cabo el trabajo de investigación de la tesis, y se brindan las bases requeridas para comprender el trabajo. Este trabajo se centra en el diagnóstico en sistemas de ventilación actuales para el posterior diseño y diagnóstico de posibles proyectados, para cual desarrollan aspectos fundamentales de la ventilación mineras, en los cuales marcos contextuales, conceptos marco.

Capítulo III: Procesamiento de datos. Se realizó y documentó detalladamente el procedimiento de registro del sistema de ventilación en sitio, que es velocidad y geometría del caudal de aire en diversos espacios para trabajar la mina subterránea. El modelado del sistema se desarrolló utilizando el software VentsimTM Design 5.1. Concéntrese en la actividad actual del sistema. Posteriormente se elabora el modelado de 4 opciones de ventilación en las cuales por la implementación de (RC) y (BR), distribución de ventiladores en paralelo y en serie, cuyo funcionamiento y desempeño se describe como el mejor cubriendo una buena ventilación a corto plazo.

En el capítulo IV: Análisis e interpretación de resultados. Investigar y analizar desempeño de 4 opciones de ventilación a corto plazo desde la perspectiva del flujo de viento que aporta al sistema y en la perspectiva financiera para analizar el costo de inversión y costo de operación.

Realizando el trabajo de investigación y comparación de múltiples opciones de solución se continúan con las conclusiones y sugerencias del trabajo.

CAPITULO I.

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMATICA

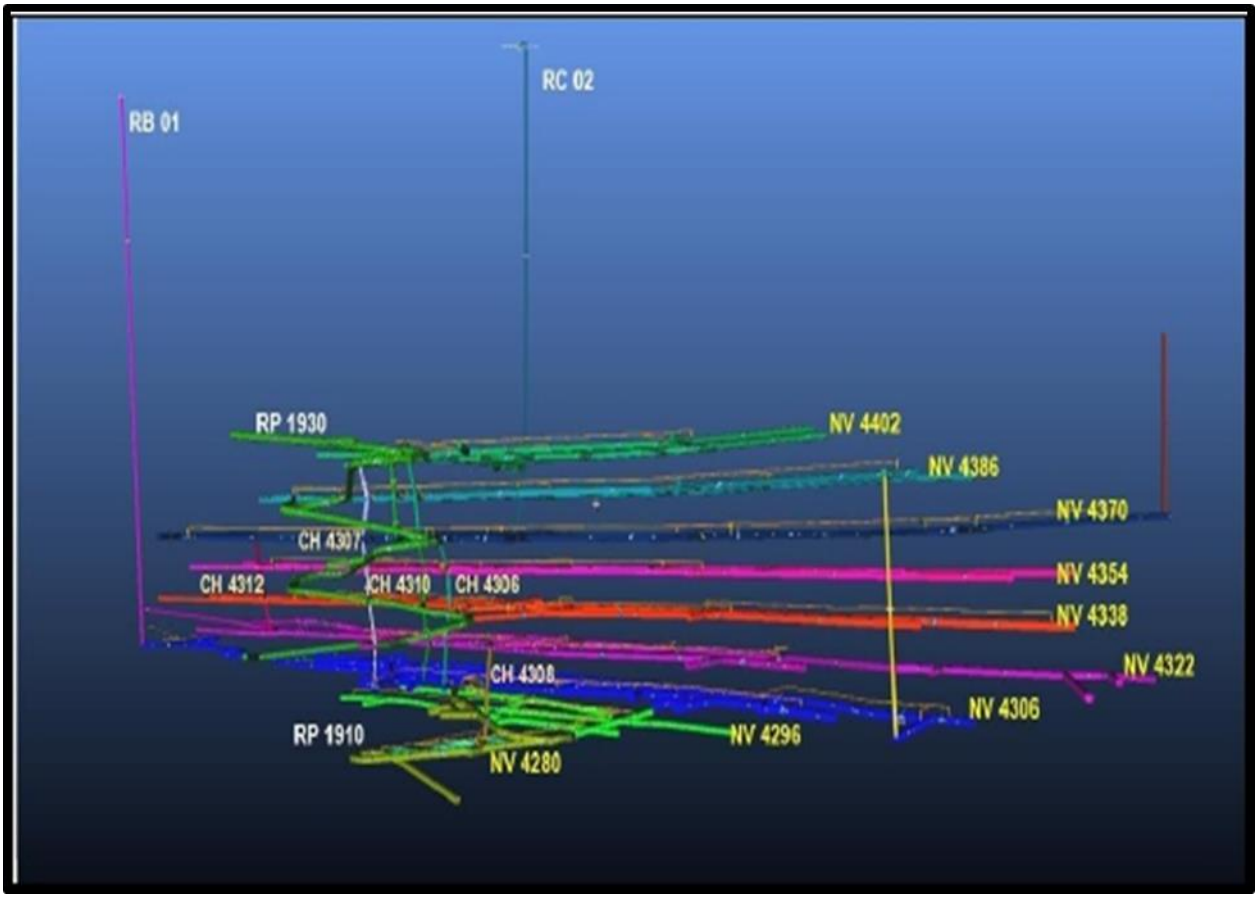
De acuerdo al LOM (vida de la mina) cedido por la unidad operativa Pallancata, el tiempo útil de la mina se amplía por 3 años (2021), especialmente se fundamenta en la utilización de la zona "Pablo", es más posee problemas mayores a la cobertura de ventilación (presenta 56%); se deben precisar nuevos ejes de ventilación para que se cubra el 100% de exigencias.

La zona de planeamiento facilita el modelo de minería proyectada al año 2021, y De convenio con LOM de Unidad Operativa Pallancata, al 2021, zona "Pablo" corresponderá poseer 14 niveles.

- Actualmente La zona "Pablo" tiene 7 niveles operativos y 2 niveles en profundización:
  - 07 Niveles Operativos: 4306, 4322, 4338, 4354, 4370, 4386 y 4402.
  - 02 Niveles en Profundización: 4296, 4280.
- Se conectan a través:
  - 02 Rampas: RP 1930 (rampa en forma de 8), RP 1910.
  - 04 Chimeneas: CH 4308, CH 4306, CH 4310, CH 4307.
- El ingreso de aire es por el RB-01
- Salida de aire es por el RC-02 y la RP 1950.

El Ingreso de aire es de **233, 813 Cfm** y el total de aire viciado es de **230,407 cfm** en el año 2021, en el lugar "Pablo" tiene planeado excavar 5 niveles, hasta alcanzar al Nivel 4296 **(ver Figura 1 y Anexo 03 Plano – Sistemas de ventilación inicial zonas "Pablo" y "Yurika")**. En ese escenario el requerimiento de aire tendrá que ser **476,789 cfm**, para poder obtener una cobertura del 100%.

Figura 1

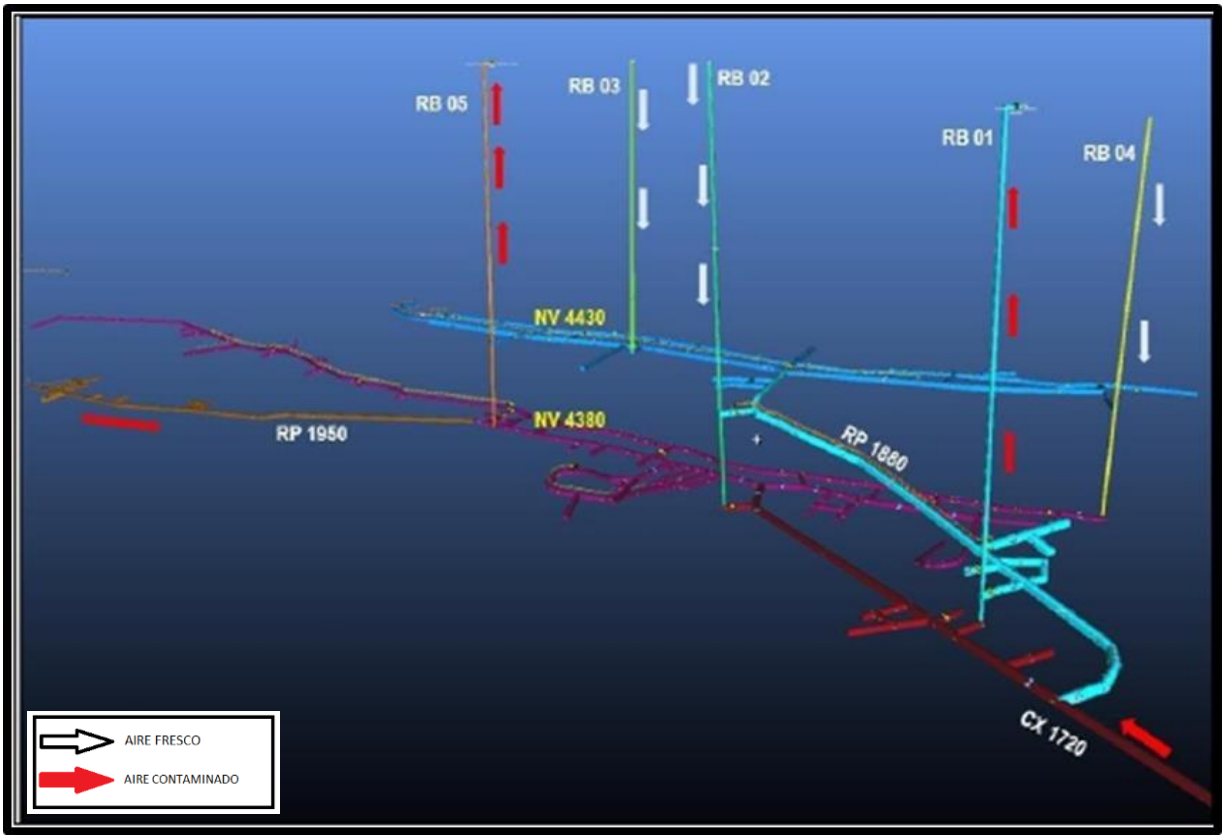


Fuente: Elaboración Propia - VentsimTM Design 5.1.

- Se enlazan por BP 1880 y Cx 1720.
- Ingreso de aire es por el Cx 1720, RB 02, RB 03, RB 04 y la RP 1950.
- Salida de aire es por el RB 01 y el RB 05.
- La Zona “Yurika” tiene 02 niveles: Nv4430 y Nv4380.
- Se acoplan por las chimeneas CH 1948, CH 1948-2, CH 1956.

La ventilación que ingresa por el Cx 1720 desde el lugar más arcaico “Luisa”, “Carmen” es de 287,934 cfm y el aire viciado se determinó en 302,215cfm y posteriormente de planear la escena más crítica, “Yurika” se solicita 139,724 cfm. **(Ver Figura 2)**.

Figura 2



Fuente: Elaboración propia - VentsimTM Design 5.1.

Es necesario plantear una alternativa

Para ello se plantea, un procedimiento de solución en el sistema de ventilación a corto plazo, donde se evaluará el desempeño en intervalos anuales.

Por tanto, se debe lograr validar los proyectos de ventilación a corto plazo, realizando los análisis técnicos económicos de los proyectos presentados, que sobrelleve a la ejecución y protección de las exigencias básicas del aire fresco para mayor desarrollo de las técnicas de investigación, elaboración y manejo; desempeñando con las normas peruanas de ventilación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

P: ¿Cómo optimizar el sistema de ventilación a corto plazo acorde al plan de minado proyectado al 2021, en la unidad operativa Pallancata?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

P1: ¿Cómo hallar el caudal actual del sistema de ventilación a corto plazo para poder proyectar al 2021 en la unidad operativa de Pallancata?

P2: ¿Qué factores y elementos técnicos se tomarán en cuenta para la Viabilidad del proyecto presentado acorde al plan de minado de unidad operativa de Pallancata?

P3: ¿Qué factores económicos se tomarán en cuenta para el mejoramiento del sistema de ventilación de acuerdo a la planificación a corto plazo de la unidad operativa de Pallancata?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

O: Simular el sistema de ventilación actual y en base a ello, proyectar un sistema de ventilación para el 2021, bajo el soporte de VentsimTM Design 5.1, cumpliendo los requerimientos de planeamiento a corto plazo de la Unidad Operativa Pallancata.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

O1: Realizar la simulación del sistema de ventilación actual, en zonas “Yurika”, “Pablo”, calibrado al 90% para luego proyectarlo al plan de minado 2021 bajo el soporte software Ventsim.

O2: Determinar los factores y elementos técnicos, del proyecto de ventilación a corto plazo de unidad operativa de Pallancata.

O3: Determinar los Costos de ventilación, para poder viabilizar el proyecto de ventilación y evitar sobrecostos de reingeniería.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

De acuerdo al LOM (vida de la mina) cedido por la unidad operativa Pallancata, la utilidad de minería es de 3 años (hasta 2021), donde la importancia se fundamenta en su aprovechamiento de la ubicación del área "Pablo", donde el mayor problema es la cobertura (presente 56%); la importancia de precisar los ejes nuevos de ventilación para obtener de resguardar al 100% de los requisitos; y para el 2021, el lugar de "Pablo" que estima profundizar 5 niveles, hasta lograr al Grado 4296. El presente estudio de investigación se justifica, porque servirá para el análisis en el mejoramiento del sistema de ventilación en Pablo y Yurika de la unidad minera Pallancata, adoptando decisiones respecto a nuevas alternativas de solución planteadas en este caso será una alternativa de planificación efectuando una óptima ingeniería de ventilación, las cuales funciones principalmente evitando costos de reingenierías. Este estudio propone una alternativa óptima y propondrá administrar de manera efectiva los recursos actuales y proyectados, revelando criterios, pautas de selección y conocimiento sobre su funcionamiento. Además, también se refleja un mejor desempeño de los trabajadores en el trabajo y el trabajo por encargo, minimizando las enfermedades profesionales y logrando mejores resultados de eficiencia y productividad.

1.5. ALCANCES

- El proyecto comprenderá solamente sistema de Ventilación de U.O. Pallancata Zona "Pablo" y "Yurika".

- Los estudios ejecutaron en situaciones de deficiencia caudal aire fresco que pasa y generado por ventilación (mina subterránea).
- Sistemas informáticos usados en la simulación estará bajo soporte del Ventsim TM Design 5.1.

1.6. DELIMITACIONES

En cuanto a la delimitación de espacio (área de trabajo) la investigación se realizará exclusivamente en el Módulo Operativa Pallancata.

Con respecto a la delimitación de tiempo, El trabajo será en el periodo 2019-2020 - los resultados obtenidos tendrán validez para una planificación hasta el 2021.

1.7. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

Este estudio es de importancia metodológica porque permite poner en práctica la investigación científica, utilizando técnicas y orientaciones para trabajar bien y sacar conclusiones válidas y confiables, aumentando así el nivel de producción de la empresa.

Se espera también que los resultados sean válidos para comprender y ampliar los conocimientos respectos al sistema de ventilación subterránea, y el dominio que podrá adquirir la mejora del proceso productivo.

1.8. HIPÓTESIS

1.8.1. HIPÓTESIS GENERAL

H: Con optimización del sistema de ventilación en zonas yurika y pablo, con el soporte de VentsimTM Design 5.1, se cubrirá el requerimiento del caudal de aire acorde al plan de minado a corto plazo proyectado al 2021.

1.8.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1: Mediante la simulación se podrá proyectar la cobertura adecuada y desempeñar con las normas actuales y vigentes de ventilación para el minado a corto plazo de las zonas yurika y pablo.

H2: La determinación de los factores y elementos técnicos del proyecto, permitirá un mejor manejo y control en el sistema de ventilación acorde al planeamiento a corto plazo 2021.

H3: La determinación de costos de ventilación permitirá administrar eficientemente los recursos actuales y proyectados, para el mejoramiento del proceso productivo de mina haciendo el uso y soporte del software VentsimTM Design 5.1, en la Unidad Operativa Pallancata.

1.9. VARIABLES E INDICADORES

Cuadro 1

VARIABLES	INDICADORES
VARIABLES INDEPENDIENTE - Sistema de ventilación.	- Dimensiones de las labores mineras, (m2) - Temperatura de aire (C°) - Caudal de aire (CFM) - Velocidad del aire (m/s) - Cantidad de Equipos LHD en mina. (Und) - Cantidad Personal mina. (Und)
VARIABLE DEPENDIENTE - Factores y elementos técnicos del sistema de ventilación. - Costos del sistema de ventilación.	- Costo de ventiladores (US$) - Costo de laboreo (US$) - Costo de energía (US$)

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION Y MARCO LEGAL

2.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

- Guillen (2016). En su tesis *"Aplicación de tecnología informática a la mina hemco para optimizar el sistema de ventilación – Nicaragua"*, UNI, concluyó que diseñar sistemas de ventilación mediante simuladores es una técnica confiable y factible para evitar gastos superfluos en aparatos y construcción; en la práctica se ha observado que muchas empresas realizan planeaciones mineras sin considerar cómo ventilarán sus operaciones, lo que incurre en altos costos de remodelación.
- Ríos (2018). En su tesis *"Diseño y aspectos operativos de los sistemas auxiliares de ventilación, ventiladores y mangas"*, Universidad Nacional de Ingeniería, se pudo analizar con éxito las variables de diseño y operación de un sistema de ventilación complementaria de tipo impelente en 06 proyectos de desarrollo de la mina Uchucchacua en secciones de labor desde 4.0x4.0m2 hasta 4.5x4.5m2 y longitudes desde 392m hasta 835m.
- Viza (2016). En su trabajo de investigación *"Diseño y Simulación de Red de Ventilación de Unidades Mineras Rafael Minsur s.a. utilizando el Software de Visualización Ventsim San"* – UNA. En esta disertación desarrollé favorablemente el diseño de la red de ventilación y simulación para lograr una toma de aire de 1,346,145 cfm en la mina y 1,382,781 cfm en el software para los 4 circuitos primarios, lo cual es 1,302,214 cfm menor que otros requerimientos. La cobertura de datos y software alcanzó el 106 % y la cobertura de aeródromos alcanzó el 103 %, un aumento de 105 835 cfm. Eficiencia de la red 60,2%.

2.1.2. MARCO LEGAL

SUBCAPÍTULO VIII DEL REGLAMENTO DE VENTILACIÓN 023-2017-EM

Ventilación (Art. 246 - Art. 257).

ART. 246.- "Las actividades mineras deben vigilar la provisión de aire limpio para los trabajos según los requerimientos de los equipos patronales, y luego expulsar gases, polvo y humos en suspensión que afectan la salud de los trabajadores, manteniendo condiciones ambientales térmicas más confortables".

Todo trabajo en el sistema de ventilación conlleva actividad minera a calidad del aire que se debe mantener en límites permisibles en salud ocupacional para elementos químicos donde nos indica en el anexo 15 donde establece los reglamentos de los valores Limites Permisibles en Agentes Químicos del ambiente del trabajador, aprobados por Decreto Supremo No 015-2005 – S.A. Norma cambia o reemplaza, es más debe cumplir los siguientes.

a) Las mediciones de CO, CO2, NO_2, O y otros gases deben realizarse según con la naturaleza del yacimiento, el manejo de explosivos y petróleo, antes de iniciar o ingresar a las operaciones mineras diariamente, especialmente antes de operaciones ciegas programadas como como chimeneas y pozos, el uso de maquinaria y equipo debe ser registrado y notificado al personal que ingresa a la obra.
b) En la mayoría de las obras subterráneas, mantener la circulación de aire fresco y limpio, en calidad y cantidad es muy suficiente, dependiendo del número de trabajadores, así como de la cantidad de HP y equipos de motor de combustión interna utilizados para diluir el gas. Un ambiente con al menos19.5% de oxígeno.

c) Las tareas de entrada y salida no deben tener vinculación alguna. El circuito de ventilación general dentro de la mina debe dividirse en múltiples ramales para garantizar que todas las tareas de trabajo reciban la proporción correspondiente de aire fresco, evadiendo cualquier recirculación de aire.

d) El viento natural no puede atender los primeros elementos, debiendo adoptarse ventilación mecánica, y se instalarán ventiladores principales, auxiliares o auxiliares según la prioridad.

e) Los ventiladores importantes, auxiliares y secundarios son instalados apropiadamente, para prevenir cualquier potencial recirculación del aire. No se permite que los frentes de ejecución, de chimeneas y trabajos de explotación sean ventiladas con aire en uso.

f) Los ventiladores auxiliares deben ser utilizados en operaciones con una sola vía de acceso y en exceso de sesenta metros (60m). Para longitudes de avance inferiores a 60 m, también se deben utilizar los auxiliares sólo cuando las situaciones del ambiente lo requieran. Durante el desarrollo y los preparativos, la manga de ventilación debía instalarse a no más de quince metros (15 m) de la línea de fuego.

g) Los barrenos deben perforarse paralelos e inclinados al eje de trabajo, con al menos diez metros (10 m) de anticipación, cuando se sospeche que hay una cámara de gas subterránea cerca o que existe la posibilidad de una liberación repentina de gas. (Artículo modificado por D.S. N° 023-2017-EM Artículo 1)

ART. 247.- "En las zonas de ejecución de las minas situadas hasta (1.500 msnm), las cantidades mínimas de aire es importante de hombre será (3 m^3/min)". En otras alturas la cantidad de aire existirá en base a:

1) Desde 1,500 a 3,000 m.s.n.m. extenderá en 40.00% donde es semejante a 4 m^3/min
2) Desde 3,000 a 4,000 m.s.n.m. extenderá en 70.00% donde es semejante a 5 m^3/min

3) Sobre los 4,000 m.s.n.m. extenderá en 100.00% donde es semejante a 6 m³/min.

ART. 248.- "De ninguna manera la velocidad del aire debe ser menor de (20 m/min) ni mayor a (250 m/min) en los trabajos de explotación, incluyendo la preparación y desarrollo. Al emplearse explosivos ANFO y otros elementos de voladuras, la velocidad del aire no debe ser menor de (25 m/m in)".

ART. 249.- "Se considera todas las prevenciones necesarias para evadir la paralización y deterioro de las principales ventilaciones". Estos deben cumplir estos ambientes:

1) Se debe instalar en casetas protegidas y incombustibles contra deslizamientos, golpes, agentes extraños y explosivos. La ventilación del plano, como la instalación eléctrica deberán estar con cerco perimétrico adecuadas para impedir el ingreso de extraños. Ver con otras alternativas de precaución a las condiciones de locales protegidas.
2) Contar, con (2) fuentes autónomas de energía eléctrica, que debe llegar en vías desemejantes.
3) Siempre estar previstos de silenciadores y disminuir los ruidos de los lugares de trabajo o en áreas pobladas en donde ocasionan deterioros de la salud de los trabajadores.
4) Siempre estar previstos de conectores automáticos de alarma para caso detenidas.
5) Practicar cuidadosamente las descripciones técnicas que están dispuestas para el fabricador para el sostenimiento preventivo y correcto de los ventiladores.

(Artículo modificado por D.S. N° 023-2017-EM art. 1)

ART. 250.- "Las grietas eléctricas o mecánicas en los ventiladores primarios, secundarios y secundarios abiertos en las operaciones mineras deberán ser inhabilitadas y su acceso cerrado para impedir el paso de empleados y unidades móviles hasta que se verifique que la calidad y cantidad del aire se haya normalizado. Trabajos de restauración autorizados por el ingeniero supervisor".

ART. 251.- “Para los ventiladores con probabilidad significativa mayor o igual a 2.831 m3/min y equivalente a 100.000 p3/min, se debe instalar un panel de control para acceder a su funcionamiento, ajuste de parámetros requeridos, señal de alarma en parada y si hay una falla de energía En caso de no darse cuenta del inicio del dispositivo de evento”.

Para los extractores y ventiladores de aire utilizados, el monitoreo además incluye el contenido de gas monóxido de carbono, gas ácido nitroso, oxígeno y temperatura en el aire que circula.

(Artículo modificado por D.S. N° 023-2017-EM art.1).

ART. 252.- “Se realiza una valoración general del sistema de ventilación de la mina subterránea, cada vez una evaluación arbitraria y el mismo semestre, cada vez con cambios de junta de trabajo y circuito de aire. La evaluación debe ser ejecutada por personal autorizado en el área de ventilación. Asimismo, se deberá contar con controles de ventilación permanentes durante las tareas de exploración, desarrollo, preparación y desarrollo realizadas por el personal”.

a) Punto de ubicación de control de ventilación.

b) Límites de aire de la mina.

c) Equilibrio de entrada y salida de aire de mina. La discrepancia de flujo de aire entre la entrada y la salida de aire no debería pasar de 10 %.

d) Los requisitos de aire de la mina deben ser la cantidad de aire solicitada por los empleados y conservar una temperatura agradable en el espacio para trabajar y en el funcionamiento de los equipos petroleros. Cuando no se utilice una unidad con motor a

petróleo en operación, se debe considerar el aire requerido para disolver los gases producidos por la voladura. Ver Anexo 38.

2.2.BASES TEORICAS

2.2.1. FLUJO DE AIRE EN ABERTURAS MINERAS Y DUCTOS

Los trabajos de movimientos del aire y control, asimismo la trayectoria de la magnitud, el control de calidad, es necesario para el aire acondicionado se vincula con la demostración con la circulación del aire ventilado. El aire acondicionado de mina actual es ventilación de mina, un vocablo que todavía se usa ampliamente en muchos ejercicios de control atmosférico subterráneo (Hartman, H.L.1982).

Principalmente la intención de ventilación de ofrecer suficiente aire acondicionado y comodidad del trabajador y requerimiento de los productos. En la mina el aire acondicionado es de importancia, prioridad para el sostenimiento de la vida del trabajador: cerca de 20 cfm (0.01 mVs) por trabajador. Además, los requerimientos se reprodujeron rápidamente, ya que la ventilación satisface varias operaciones.

La calidad y control físico química del aire, brinda aire limpio del sistema de ventilación debe disminuir la contaminación (humedad, calor, gas, y polvo). Mencionando en su total la mina y su importancia de ventilación superior en mayor medida los requerimientos de 20 cfm p/p, comúnmente mayor a 200 cfm, y a veces, 2000 cfm por persona. El flujo de 10-20 toneladas de aire por minerales explotados no es raro hoy en situaciones muy malas (Hartman, H.L.1982.).

Efectivamente, la ventilación causa un beneficio el aire acondicionado en la mina. A causas de la expansión de la demanda y recorrer el aire la superficie has llegar cerca del trabajo es también es muy costosa y difícil. Los ingresos de aire de las minas son las grietas mediante

las cuales deben viajar con el aire, y la vía es tortuoso y largo. La comprensión del estudio del flujo que se requiere para el aire es el entendimiento de mecánica de fluidos.

Los principios se basan a la ventilación de la mina y manuales de dinámica de fluidos al ingreso del aire y conductos de la mina. El fluido entendible en todos los trabajos de las minas es manejado e incomprensible. La simplificación y necesaria de los cálculos. (Hartman, H.L.1982).

a) Gases De Mina

"El personal de A/A de la mina debe manejar tomando cantidades del sistema de aire y ventilación de la mina. Más de una preocupación por los compuestos químicos del aire. El lugar donde se llama el aire acondicionado es el control de calidad". (Hartman, H.L.1982).

Al establecer un sistema para ventilar las minas, la calidad del aire y control frecuente de los inconvenientes más necesarios. La importancia del entorno industrial y fuentes situadas y ventilación, creado para fuentes de contaminación y trabajos subterráneos en la mina donde está los potenciales contaminantes de estratos gaseosos, diésel escape, gases de explotación, y polvo.

Los propios pasos generan contaminación del aire a usarse y trasladar el aire al personal que labora en el subterránea y pueda inhalar aire (Hartman, H.L.1982.).

Adicionando la cantidad y variedad de purezas creadas las impurezas bajo tierra se unan a la moralidad e integridad. Solucionar los problemas de mantenimiento de la calidad del aire, la prioridad del ingeniero responsable del aire acondicionado es muy familiar las propiedades e impurezas (Hartman, H.L.1982).

b) Contaminantes

En lo general la contaminación de la ventilación y aire acondicionado, que normalmente la sustancia indeseable no se encuentra el aire de una variedad excesiva. La contaminación de las impurezas de vapores y gases, sólidos y líquidos. La contaminación liquida particulado incluye las nieblas y sustancias solidad que incluyen humos, polvos, humo organismos (Hartman, H.L.1982).

La diversidad de la contaminación del aire que está bajo tierra los polvos y gases. La variedad de estas sustancias de contaminación representan la importancia de los problemas de la calidad del control, en ese entender se analiza el detalle. Los conocimientos de origen y características de control necesario y resolver la contaminación. (Hartman, H.L.1982).

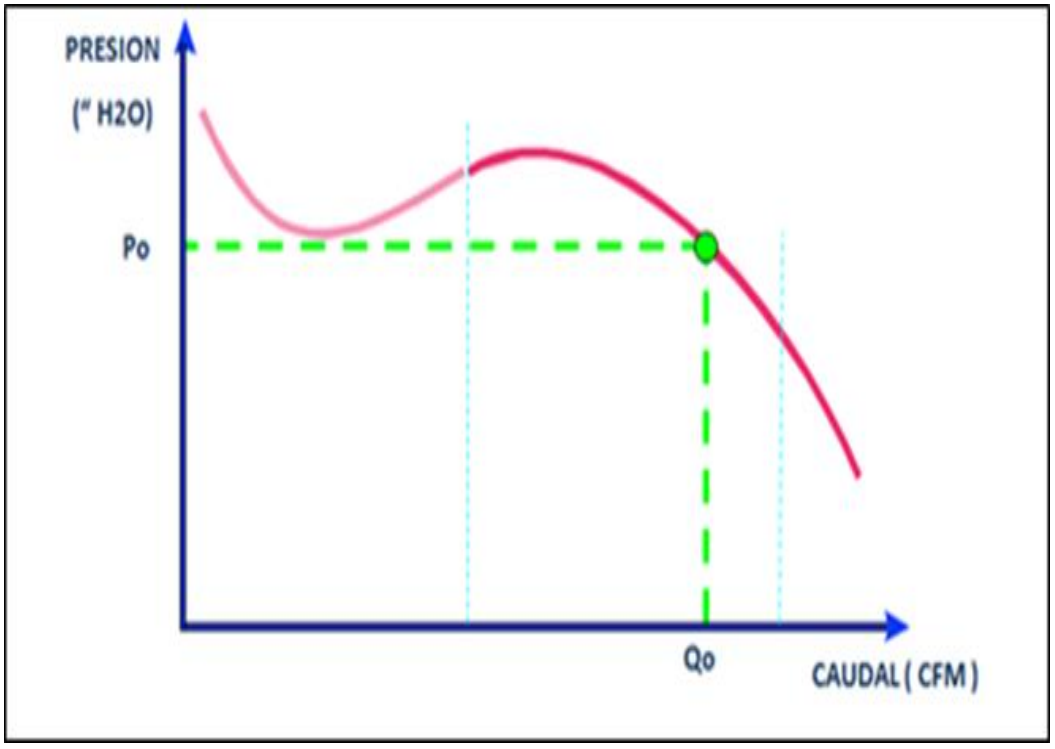
c) Curva Característica del Ventilador

Se determina la velocidad de un ventilador conectados a sistemas que tienen la resistencia, la precisión representa la capacidad de elaborar el trabajo necesario. La estabilización del flujo de aire del sistema, fracción de energía compartida del ventilador transformado en velocidad (velocidad de presión)

La curva característica del ventilador depende solo del ventilador y solo cambia cuando el ventilador funciona a diferentes velocidades. En principio, puede suponer que la curva característica es completamente independiente del sistema de tuberías para el que es adecuado. (Malcolm J. McPherson, 2003).

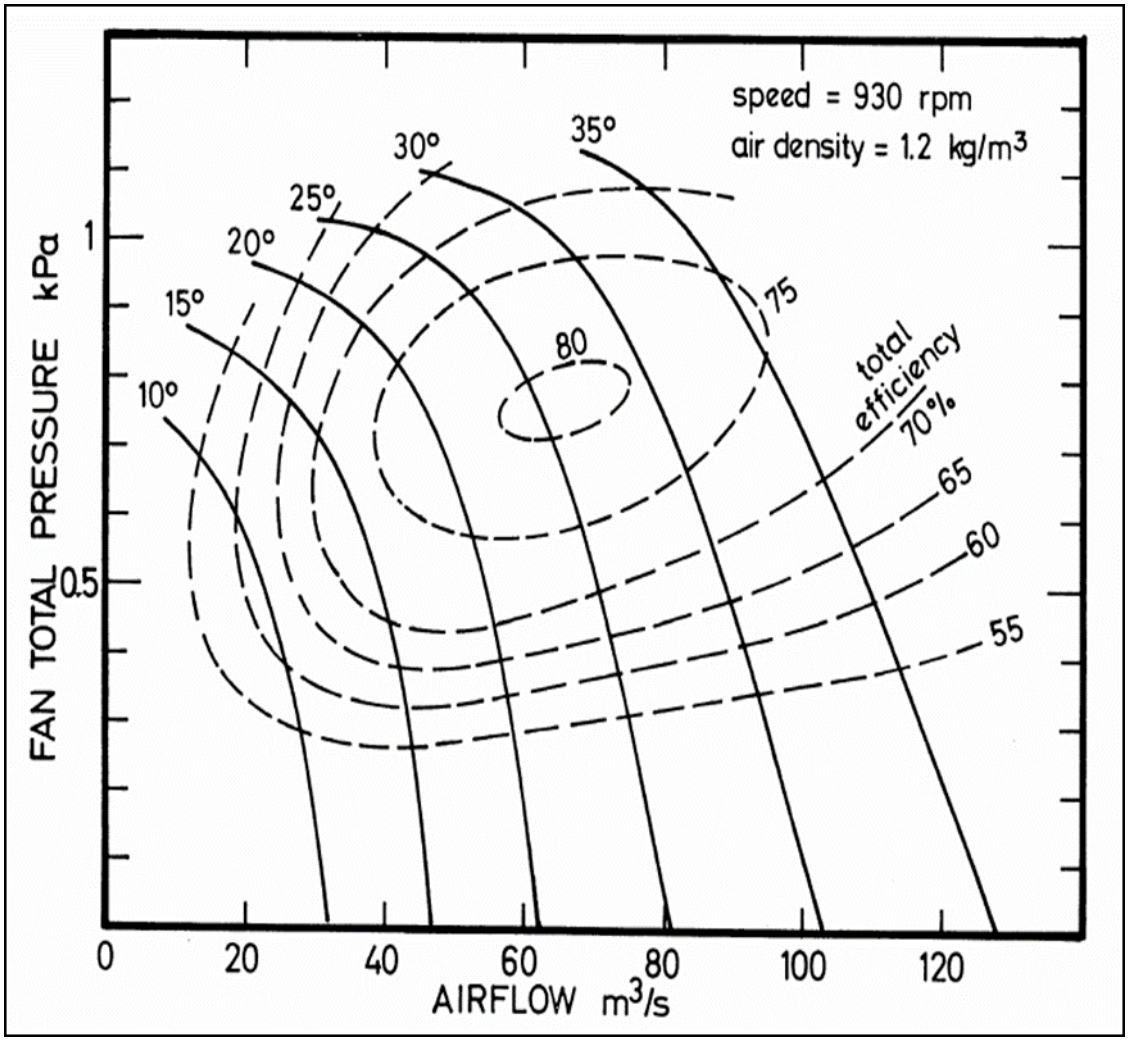
El ventilador se puede identificar la curva geométrica de puntos de funcionamientos de los mismos donde se aprecia **Figura 3**.

Figura 3



Fuente: Subsurface Ventilation Enginnering, Malcolm J. McPherson, 2003.

"En cada ángulo se ajusta los alabeos donde obtendremos la curva distinta. Donde el lugar en intersección la curva punto que marcha el ventilador". (Malcolm J. McPherson, 2003,) **ver Figura 4**



Fuente: Subsurface Ventilation Enginnering, Malcolm J. McPherson, 2003.

2.2.2. ACOPLAMIENTO DE VENTILADORES

"En los puntos necesarios de ventilación, donde es importante tener caudales y presiones que oscilan gradualmente, es importante acudir a un sistema de ensambladura de equipo, pudiendo ser paralelo". (Malcolm J. McPherson, 2003).

a) Trabajos de Serie de Dos Ventiladores

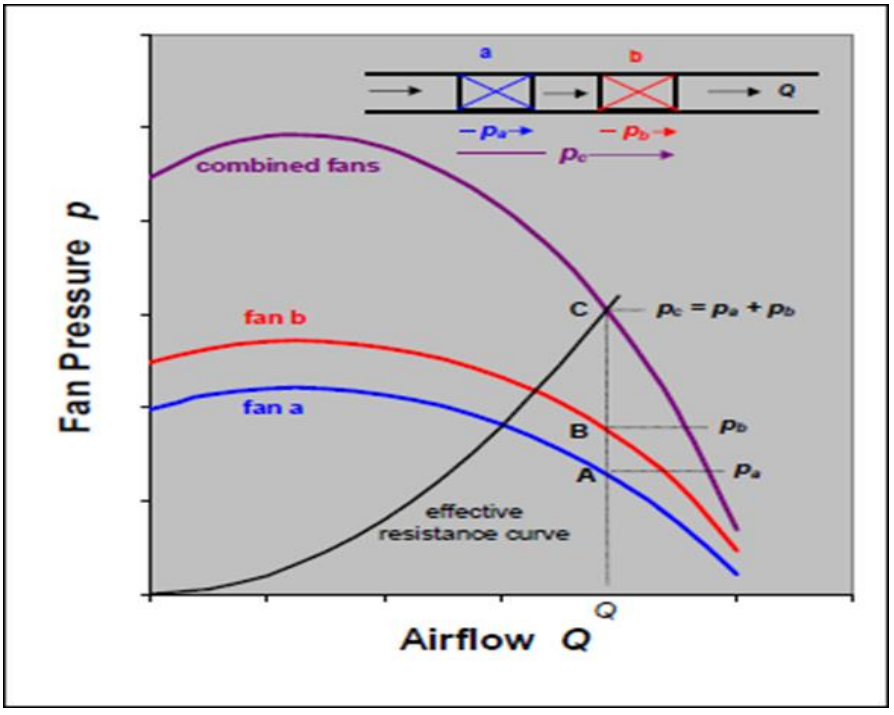
"Los funcionamientos de los ventiladores del flujo de aire que transporta ambos ventiladores donde el valor es Q1, donde la precisión total igual a la suma del producto en cada ventilador: PT = PT/2 + PT/2". (Malcolm J. McPherson, 2003), **ver Figura 5.**

Los caudales de los ventiladores son iguales, son instalados de serie que rodean con un número igual de revoluciones, de mayor caudal y parcial, donde siempre s inferior de la suma de caudales de trabajos individuales.

El caudal total de dos ventiladores iguales instalados en serie y girando a las mismas revoluciones es superior a cada caudal parcial, aunque menor a total de caudales operativos individuales.

Q1< QT < Q1+Q2 =2xQ1 (Malcolm J. McPherson, 2003).

Figura 4

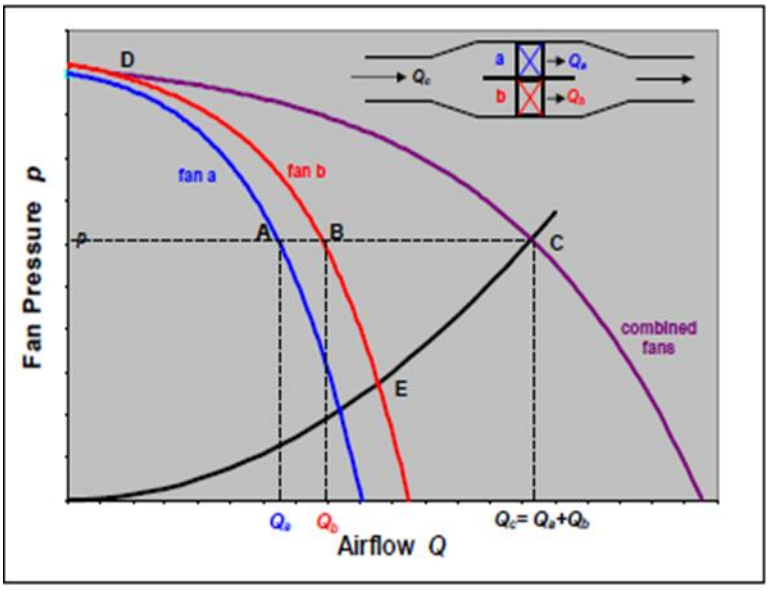


Fuente: Subsurface Ventilation Enginnering, Malcolm J. McPherson, 2003.

b) Trabajo en Paralelo de Dos Ventiladores

"Cabe mencionar la resistencia dada y en la **figura 6** se nota**,** de un ventilador podrá desarrollar en un punto bastante cerca del bombeo, se acopla otro ventilador, donde se puede apreciar que (PT, QT), donde se precisa bastante lejano del régimen inseguro". (Malcolm J. McPherson, 2003).

Figura 5



Fuente: Subsurface Ventilation Enginnering, Malcolm J. McPherson, 2003.

2.2.3. LAS PERDIDAS DE CIRCUITOS DE VENTILACION

"La disminución de cargas en circuitos de ventilación donde se enumera las perdidas por distintas reacciones". (Malcolm J. McPherson, 2003).

a) Pérdidas por Fricción

"Se producen en momentos cuando aire fluye donde la superficie del ducto de galería minera, en precisión necesaria y mover aire por donde depende la fricción, donde también

el tamaño, ducto, longitud, densidad del aire y velocidad. Los factores considerados de la ecuación se llaman 'Ley de Atkinson'". (Malcolm J. McPherson, 2003).

$$P = \frac{KCLV^2}{A} \ldots\ldots (2.1)$$

Dónde:

P: Caída de presión (Pa).

K: Factor de fricción de la tubería.

C: Perímetro del ducto (m).

L: Longitud del túnel (m).

V: Velocidad (m/s).

A: Área del ducto (m2).

Donde: Q = VA

La ecuación delantera, se expresa:

$$P = \frac{KCLQ^2}{A^3} \ldots\ldots\ldots (2.2)$$

El circuito de ventilación de pérdida por fricción del manguito más necesario para cada diseño de instalación, donde el túnel y el túnel son muy pequeños y paralelos entre sí (normalmente menos del 1 % del manguito) (Malcolm J. McPherson, 2003).

b) Pérdidas por Choque

Los choques de perdidas muestran los flujos de aire cambiante en dirección al conducto de sección. Las pérdidas se calculan en porcentajes de precisión dinámica del fluido.

$$P_x = £\frac{\rho \times V^2}{2} \ldots\ldots\ldots (2.3)$$

Dónde:

Px: Pérdida por choque (Pa).

ρ: Densidad del aire (kg/m^3).

£: Coeficiente de pérdida del elemento, valor obtenido experimentalmente

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

La zona de ventilación auxiliar, donde ocurren los elementos codos, los diámetros de tubería, cruce de tubería, alambreras de defensa del ventilador.

La combinación de las dos pérdidas por fricción de impacto da como resultado una precisión estática (Malcolm J. McPherson, 2003).

c) Pérdidas por Presión Dinámica

"Al culminar el circuito, general la salida del ducto, de ventilador donde consideramos la precisión dinámica del aire, la pérdida del sistema. Las pérdidas se calcula la ecuación general de presión dinámica". (Malcolm J. McPherson, 2003)

$$P_{din} = \frac{\rho \times V^2}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

Dónde:

Pdin: Caída de presión (Pa).

ρ: Densidad del aire (kg/m^3).

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

d) Factor de Fugas en Conductos de Ventilación

Las fugas del principio obedecen a propiedades del ducto, e importante poner en cuenta las tuberías ya colocadas en sistema dinámico, el cual necesita el mismo tiempo el aporte del aire trabajado en frente donde es frecuente las tuberías están deterioradas con el tiempo. El caudal total tomado de cuentas de fuga se calcula la siguiente ecuación. (empírica)

$$Q_{FINAL} = Q \times (1 - \frac{F}{100})^{-L/100} \ldots\ldots\ldots (2.5)$$

Dónde:

Q FINAL: caudal final a la salida del ventilador axial (m^3/s).

Q: caudal requerido en el frente de trabajo (m^3/s).

L: longitud equivalente del túnel (m).

F: factor de fuga de la tubería otorgada por el fabricante (%).

En lo preliminar se considera el diseño de los trabajos de sostenimiento por lo tanto las experiencias de la ecuación anterior se utiliza considerablemente de características del plan, un acercamiento a la realidad. (Malcolm J. McPherson, 2003).

2.2.4. VENTILADORES

Máquina que transmite energía, creando la presión requrida para conservar un flujo constante de aire. Tiene una variedad de usos, pero a menudo se utilizan para ventilar habitaciones, enfriar máquinas o hacer circular gas a través de tuberías. (total precisión)

El trabajo del ventilador demanda que la potencia del eje del motor que produce provenga de la expresión.

"Son definidos de la curva característica, lugar geométrico en puntos de actividad de cada ángulo y control de los alabeos. En consecuencia obtendremos las características distintas

del ángulo. El lugar de la encrucijada de la curva propiedad con resistencia del circuito es el trabajo del ventilador" (Ventilación de Minas. 2010. Zitrón).

2.2.4.1. CLASIFICACION DE VENTILADORES

La mejora de las ciencias aerodinámicas del tiempo que siguió a la SGM creó ventiladores de flujo axial, cabe mencionar estos son más usados actualmente de forma general de enormes caudales de aire para la elaboración de trabajos subterráneos, donde se operan las unidades en interior de la mina, la superficie de ventiladores centrífugos en la actualidad es amplio y usados en sistemas de ventilación industrial con la capacidad de trabajar en elevadas caídas de presión de caudales muy relativos (Ventilación de Minas. 2010. Zitrón).

Hay tres tipos de ventiladores en un sentido más general: ventiladores axiales, ventiladores de hélice y ventiladores centrífugos. Estos tipos tienen una variedad de posicionamiento tipos de acondicionamiento del impulsor. (Ventilación de Minas. 2010. Zitrón).

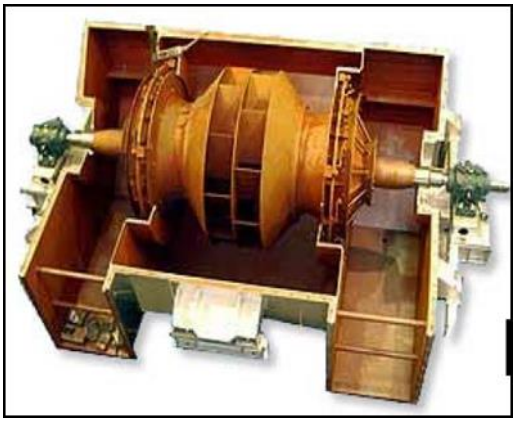
a) Ventilador Centrífugo.

Es aquel en el que el aire es impulsado por una turbina o impulsor que espera que esté en el centro y lo empuja hacia afuera a través de sus aspas o aspas. Por lo tanto, el aire entra en el impulsor paralelo a su eje y sale en una dirección perpendicular a él, es decir, radialmente, por lo que en muchos países también se les llama ventiladores radiales. (Ventilación de Minas. 2010. Zitrón).

De la propia definición se deduce que los tubos de aspiración y escape corresponden a 90 grados, lo que no es adecuado cuando se debe instalar el ventilador centrífugo en el

conducto de la tubería (nos ahorramos un codo). Efectivamente, los fabricantes diseñan ventiladores centrífugos “en línea” donde el aire sale en el mismo sentido que entra, y para ello ajustan los elementos necesarios del ventilador para redirigir el aire de salida de forma que se alinee con el de entrada. (Ventilación de Minas. 2010. Zitrón), **ver Figura 7**.

Figura 6

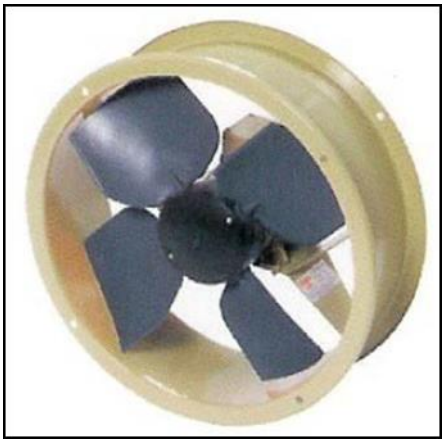


Fuente: Ventilación de Minas, 2010, Zitrón

b) Ventilador De Hélice

Son en los que el flujo de aire sigue la dirección del eje del ventilador. A menudo se les llama helicoidales porque el flujo en la salida posee una trayectoria espiral. (Ventilación de Minas. 2010. Zitrón) **Ver Figura 8**.

Figura 7



Fuente: Ventilación de Minas, 2010, Zitrón.

c) Ventilador axial

Adopta un diseño aerodinámico. Este tipo es primordialmente en un impulsor albergado en una carcasa cilíndrica. Agregar paletas guía en la parte trasera de rotor convierte el ventilador turbo axial en un ventilador axial con paletas guía. (Ventilación de Minas. 2010. Zitrón).

Opera en una amplia gama de volúmenes de aire, opera a presiones estáticas de bajas a moderadamente altas y es capaz de producir presiones estáticas más altas que los ventiladores centrífugos mientras que es más eficaz. Se agregan paletas guía en la succión o descarga o en ambas para encarrilar el flujo de aire afuera de la unidad mientras sea necesario para el diseño. (Ventilación de Minas. 2010.) **ver Figura 9**.

Figura 8

Fuente: Ventilación de Minas, 2010, Zitrón.

2.3.MARCO CONTEXTUAL

2.3.1. UBICACIÓN

"El permiso de U.O. Pallancata, está situada en distrito coronel Castañeda, provincia de Parinacochas del departamento Ayacucho de aproximadamente de 520 km al Sur este de Lima a 180km al SW del Cusco".

"El trabajo minero más cerca está a la distancia de 15 km al Nor Este de la mina Selene – Explorador con la compañía Minera Ares".

- Región, departamento : Ayacucho.
- Provincia : Parinacochas.
- Distrito : Coronel Castañeda.
- Anexo : Comunidad Campesina de Pallancata.

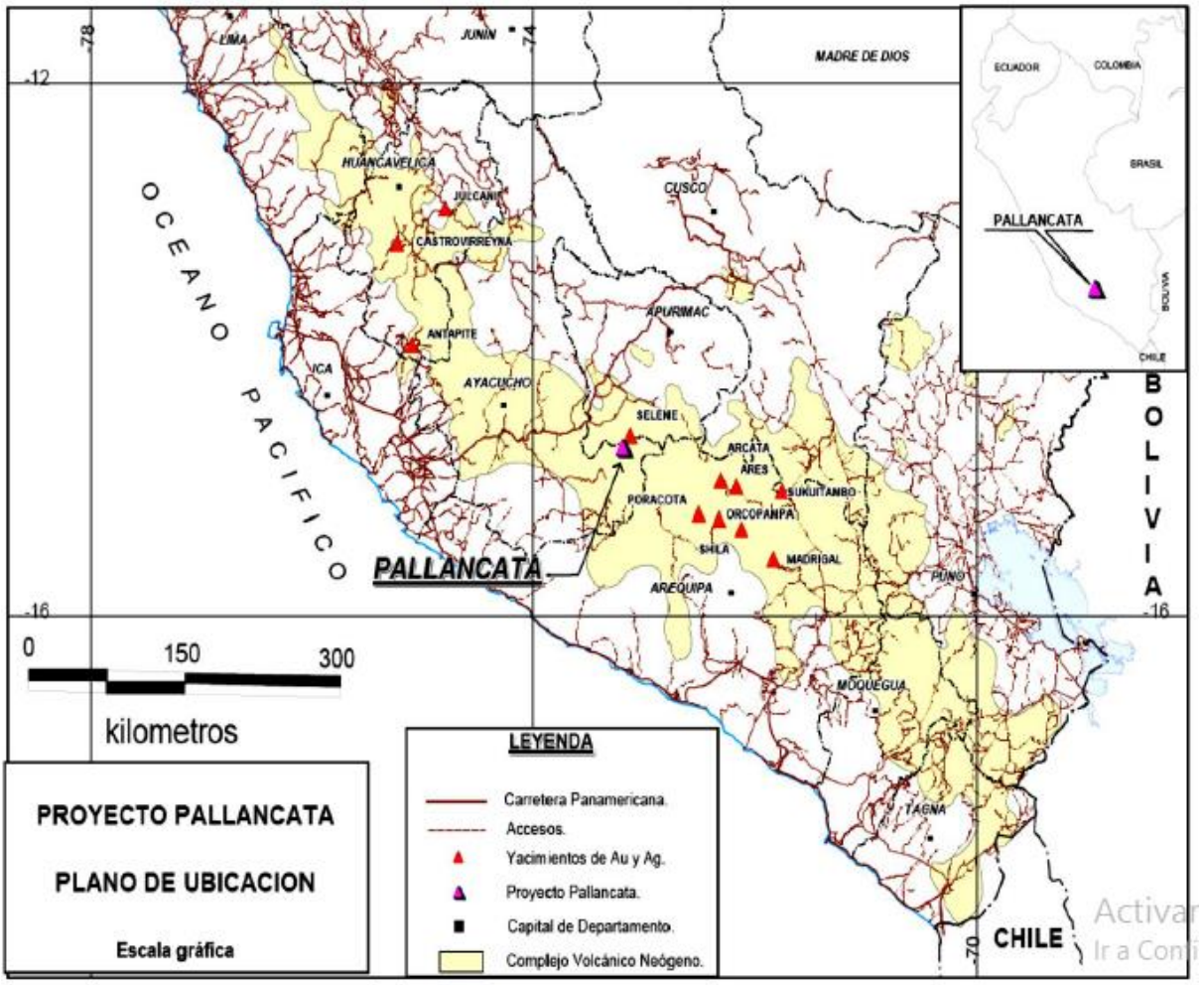
2.3.2. ACCESIBILIDAD

“Al proyecto Pablo se llega por 2 vías, primera vía desde Lima- Cusco (vía aérea), desde la ciudad del Cusco (vía aérea) Cusco- Abancay – Quillaccasa a 740km de la carretera asfaltada 45 km trocha carrozable propiedad y en un tiempo de aproximadamente de 9 horas”.

“La mayor concentración de la población está más cercano Pallancata pueblo Izcuchaca en 45 km al NE de Pallancata, con la población de aproximado 500 individuos, las instalaciones en condiciones de construcción de material de adobe mayormente”.

“La vía Lima – Nazca – Puquio- Quillcaccasa está de 950 km carretera asfalto a 45 km de trocha carrozable llegando a la propiedad de Pallancata, que está situado de la Unidad Operativa Pallancata. El transporte dura de cerca de 14 hs hasta llegar a la zona de las instalaciones de mina”. (**Ver Figura 9**).

Figura 9



Fuente: Hochschild Mining S.A.

2.3.3. CLIMA

Pallancata tiene un clima de una estación muy seca, a la vez húmeda, en los meses húmedos son de dic hasta mar, donde la temperatura van de menos 5°c a 20°c es muy típica de la región de los lugares altiplánicos con temperaturas medias anual de 8°c a (46°f) en el mes de julio. La pluviosidad anual es de unos 610 mm, el 80% de los cuales cae en invierno, de nov a mar. La precipitación media máxima es de 133,3 mm en enero y la precipitación media mínima es de 2,4 mm (0,1) en julio.

Se encuentra en las montañas occidentales del sur del Perú, una zona de unos 4.000 a 4.700 msnm. Terreno accidentado con rocas expuestas a gran altura, pendientes pronunciadas y falta de cobertura del suelo con menos vegetación.

2.4.GEOLOGIA

2.4.1. TIPOS DE DEPOSITO

Pallancata es reconocido como el sistema epihidrotermal de sulfuro de metal más precioso mineralizado por geólogos profesionales de exploración en Oro Vega y Suyamarca, sus geólogos consultores independientes. Estas conclusiones son consistentes con las características conocidas y publicadas de los tipos de mineralización.

Es más la mineralización es comparable con el sistema de Vegas más conocidas explorador por Hochschild en Mina Selene Explorador y apoya la minería desde 2003.

Las variedades de los eventos mineralizados son indudables, de los metales más preciosos de etapa necesario sobre imprime anteriores, también cabe mencionar las representaciones de las fases de reducción del sistema hidrotermal. Lo es posible el control de la mineralización de la fase más necesario que haya sido proporcional por una falla necesario de ataque nor oeste - sur este.

La sulfuración de mineralización epitermal de plata y oro es muy común y se origina en vetas complejas, brechas (hidrotermales-estructurales), factorías de depósito y zonas de silicificación. Los sitios de vetas incluyen brechas de vetas detríticas con lóbulos y lixiviación parcial en zonas de desplazamiento de carbonato. Las bandas costrosas y coloformes asimismo son usuales. Por lo general, la matriz consta de cuarzo seco translúcido, que es de color blanco lechoso y tiene granos gruesos. Son evidentes múltiples

etapas venosas. Hay brechas desde estructurales simples hasta hidrotermales de variables. van desde brechas de sílice negra hasta grietas masivas de cuarzo blanco.

2.4.2. MINERALIZACION

Es donde se define Seyamarca 6 áreas primordiales de minería dentro de un área de 3x2 km. Donde comprenden varios sitios de la región.

"La mineralización de plata y oro y la baja sulfuración ocurren en rangos complejos de vetas, brechas, fábricas de depósito y zonas de silicificación. La zona venosa incluye una brecha venosa con desechos in situ del desplazamiento del carbonato de la hoja y la lixiviación parcial. Las bandas crustiformes y coloformes igualmente son frecuentes. La matriz habitualmente consiste en cuarzo seco translúcido, opalescente y de grano grueso. Son evidentes múltiples etapas de veteado. Las brechas van desde tectónicas simples hasta hidrotermales complejas de eventos variables, incluidas brechas de sílice negra y brechas masivas de cuarzo blanco".

2.4.3. RESERVAS DE MINERAL

La unidad minera de Pallancata producen 1'778,636 toneladas de Oro y Plata como elementos para vender. (**Ver Cuadro 2**).

Cuadro 2

Recursos Minerales	Toneladas t	Ley Ag g/t	Ley Au g/t	Ag Eq g/t	Pot m	Ag Eq M Oz
Medido & Indicado	742,364	454.92	1.56	570.60	9.4	
Inferido	1,747,439	314.27	1.10	395.53	6.4	22.2
Total Med+Ind+Inf	2,489,803	356.20	1.24	447.73	7.3	37.0

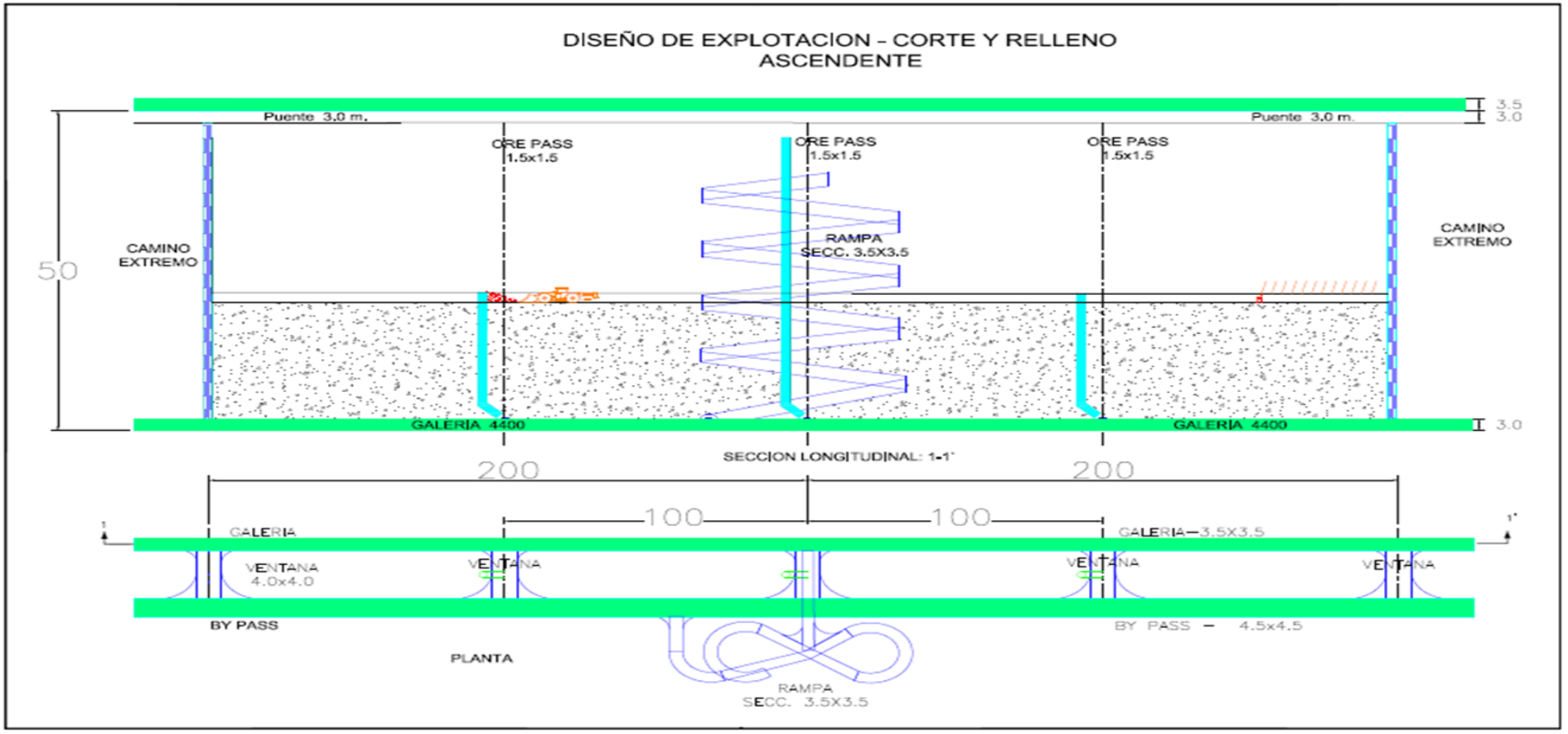
Fuente: http://www.hochschildmining.com/es/nuestras_operaciones/reservas_y_recursos.

2.5.METODOS DE EXPLOTACION

2.5.1. CORTE Y RELLENO SEMIMECANIZADO EN LA ZONA YURIKA

"La metodología aplicada para la venta Yurika es de corte y relleno semi mecanizado con rellenos detríticos (CRM). La representación de labores en esta explotación, es: Extracción de mineral establecido en voladura de taladros horizontales y rellenos detríticos. Aquí, se toman las consideraciones geomecánicas y dimensiones de las estructuras; así mismo las características que tomaron en referencia para trabajo de diseño de mina, considerando labores necesarias en la caja piso. El diseño MRC es necesario de acuerdo al comportamiento de la caja que contiene la estructura mineralizada". (**ver Figura 10**).

Figura 10



Fuente: Elaboración propia

2.5.1.1. CICLO DE MINADO – CUT AND FILL

La técnica de Corte y Relleno es una manera de extracción de mineral crecidamente selectiva y con nivel elevado de recuperación, el minado se efectúa en forma ascendente, el mineral se extrae horizontalmente, y se desarrolla y avanza verticalmente desde el nivel base del bloque. Una vez extraída toda la capa (dejando columnas donde se necesite), se rellena con material estéril (filler), sirviendo de banco para el siguiente corte a desarrollar, mientras que posibilita que las paredes soporten el sector.

El trabajo preparativo para explotación radica en:

- Pasadizo de transporte ancho del cuerpo mineralizado en lo necesario.
- Pendiente en espiral con pasadizos de ingreso a zonas productivas.
- Los servicios e instalaciones de aire, agua, con sistema de drenaje.
- Con chimenea para enlazar niveles principales y de ventilación.

2.5.1.2. DISEÑO DE BLOQUES

Los bloques de dimensiones definen geométricamente mineralizados para explotar las leyes de distancia y acceso necesario de la mina.

a) Ancho y largo del bloque

La mineralización pende de las continuidades de las leyes de distancias y accesos principales.

b) Altura del bloque

Las potencias depende a mantos mineralizados de legislaciones y potencias de intercalaciones estériles representativos de yacimientos

c) Diseño de bloques internos

Los bloques internos el ancho y largo son definidos por dimensionamientos del bloque mayor, donde la altura define las capacidades de producción necesaria para la mina sustentarse económico.

2.5.1.3. LABORES DE PREPARACION

Los trabajos de minería son importantes para explorar el cuerpo mineralizado, donde tenemos las chimeneas de ventilación y pivotes.

a) Pivotes

Se usan para ingresar a los niveles a explotar y se diseñan teniendo presente estas medidas.

Pendiente: varía de 12% a más de 12%, dependiendo la cota de comienzo del pivote.

b) Desarrollos de producción

En su totalidad los avances realizados sobre el mineral, atravesando en algunas veces en tramos estériles, denominados las preliminares internas, encontramos en los niveles laborales de cara encerrada y cara libre, viendo si explota o no en los sectores de niveles inferiores.

La determinación del avance de producción en niveles de tajadas deben tener en cuenta criterios.

- Trabajo estable y seguro.
- Lograr con máxima recuperación del producto mineralizado.
- Contener bloques y zonas con ley menor a de corte para obtener secciones que por volumen y que justifiquen extracción total.
- Proponerse el uso máximo de posibles pivotes de ingreso al cuerpo mineralizado.

c) Secuencia de explotación

La secuencia del diseño para explotar define primero los sectores mineralizados con conocimiento, del modelo de bloques generados por profesionales geólogos.

- Desarrollo colocado de acuerdo a sistemas estructurales, diques y contacto litológico
- Establecimiento de chimeneas para ventilar.
- Ley de corte.

d) Relleno

Debe planificarse en paralelo a los dos techos, las rebanadas inferiores se rellenan con material exógeno y las rebanadas superiores se extraen con mineral. Tienen que llenar donde ya se extraen de la misma porción mientras extraen minerales de otros lugares para acrecentar la producción y los métodos.

El material a usar para desarrollar este método proviene del funcionamiento interno de la mina y, a veces, cuando eso no es suficiente, perfecciona el material de la superficie.

e) Perforación y voladura de producción CF

Primero, en extracción de cortes, no hay caras libres, ya que la generación y selección de bloques debe codificarse para planos cerrados.

Después de extraer el material, comenzó a llenar la primera pieza con el espacio vacío a 50 cm. Cada espacio utiliza las superficies libres extraídas por el segundo corte, por lo que reducen los disparos utilizados por el mapa de disparos. De esta forma, se completó a su vez el desarrollo de la casa de lujo.

Posteriormente determinamos los más necesarios parámetros de diseño en busca de mejorar la aplicación durante el método de extracción.

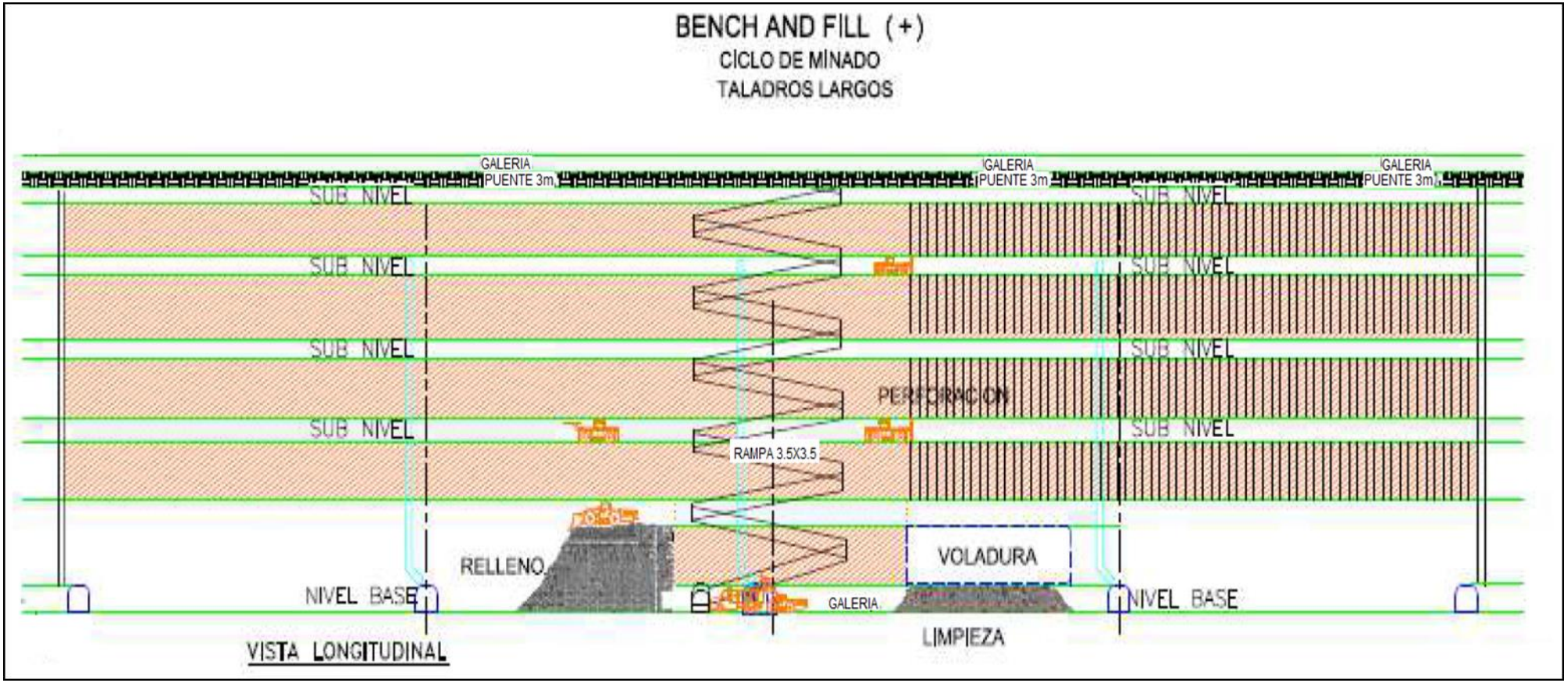
2.5.2. BENCH AND FILL EN LA ZONA PABLO

Esta metodología de minado son aplicados en las Minas de Pallancata, es Relleno y Banqueo y Realice con Jumbo.

La metodología del trabajo de esta forma de explotación es:

La extracción de minerales basados en voladuras con taladros largos y con rellenos detríticos, para esa elección del trabajo se debe tomar en consideración la geomecánica y dimensiones de estructurales. Tanto el uso de estas trabajos de diseño de mina, tomando los labores importantes en caja piso. Este diseño está fundado en actuación de las cajas que contiene de las estructuras mineralizadas (**Ver Figura 11**).

Figura 11



Fuente: Elaboración propia

2.5.2.1. CICLO DE MINADO – BENCH AND FILL

Esta metodología de bench & fill pertenece a la variedad del anterior indicado cut & fill, en el cual se logra un mejoramiento de la producción y disminución de los coste de los resultados.

La variante de esta metodología es aplicable en cuerpo de geometrías verticales de dimensiones suficiente y competencia de roca que permite una explotación de cuerpos por medios de banqueos. Las secuencias de extracciones es de retroceso y seguidas por las implantaciones de rellenos en progreso.

a) Diseño de bloques

La explotación se considera para el diseño de bloques los siguientes características técnicas.

- Los análisis geotécnicos
- Equipos de perforaciones
- La máxima altura de las cámaras de aprovechamiento

La elevación del caserón estimada es según el equipo de perforación a usar, tomando siempre que cubra con los estándares de firmeza necesaria. La finalidad de minimizar la desviación de perforaciones a desarrollar se hacen formas descendentes con equipo DTH.

b) Ancho de cámaras de explotación

Para precisar el ancho de la cámara de explotación directamente está vinculado con el bloque y su estabilidad, asimismo importante la utilización de pilares.

2.5.2.2. LABORES DE PREPARACION BENCH AND FILL

La labor minera es importante para la explotación de los bloques mineralizados de los yacimientos (ventilación, accesos, vías de transporte). Estas tienen el nivel de productividad superior de perforación.

a) Nivel de Extracción

El nivel o piso compuesto de galerías de transporte, estocados de carga, donde se obstaculizan de forma que afirman su persistencia del diseño de largo del piso.

b) Galería de transporte

Este permite los movimientos expeditos en equipo de carga, así impidiendo quebrantes de recorridos de velocidad que contribuyan en el deterioro de pavimentos. Es si considerar la sección adecuadas parar el desplazamiento de camiones.

c) Estocadas de extracción

Se considerar el diseño para equipos que puedan circular sin ningún problema, es más con cargas bien alineadas. Los parámetros de diseños son:

- Longitud: Esta variable depende del tamaño de la cámara de minado, que al mismo tiempo depende geometricamente del bloque mineral a procesar.
- La distancia entre estocada obedecen al ancho de la unidad de explotación y pilar que le da su firmeza al caserón.

d) Nivel superior de Perforación

Esta capa está diseñada para la operación de equipos de perforación DTH de fondo de pozo. Para esta dirección, la extracción y especificaciones del diseño señalados para este nivel son paralelos.

e) Pivotes de acceso

Se utiliza para llegar a los niveles de explosión y sus excavaciones estériles. La pendiente varía de -12% a +12%, según la altura del origen al comienzo del pivote.

f) Secuencia de explotación

Las secuencias de las explotaciones de la unidad de explotación del bloque radican en la extracción de la cámara en medio. Primeramente se explota la cámara iniciales, luego posterior de rellenar y explotar la cámara restante contra relleno. Las secuencias operativas son.

- Perforación inclinada.
- Explotación de la cámara primaria de retroceso.
- Rellenos de las cámaras explotadas.
- Tronadura de cámaras contra los rellenos.
- Rellenos faltantes.

g) Perforación y tronadura

El programa para este procedimiento de relleno de banco se desarrolló en forma descendente utilizando un equipo de perforación tipo DTH con un diámetro de pozo de 3 1/2". Voladura de perforación basada en el método Ash, parámetros de carga determinados y espacio de tiro cargado.

h) Relleno

Uno es como banco de trabajo para perforación, tiro y transporte de mineral, y el otro es para desempeñar un papel de apoyo para evitar que la mina se derrumbe debido al aumento del área abierta.

La elección del tipo de relleno tiene en cuenta la amplitud de toda la disciplina, incluida la mecánica de rocas, la mecánica de fluidos, la ingeniería de procesos y la tecnología del hormigón.

i) Relleno seco

Este es material extraído de desarrollo previos, al cual son depositados las cavidad y relleno en medio del método convencional de carga y transporte. Estos tipos son no consolidados, donde su característica importantes y cuantificaciones a tener presente es:

- Ángulos de fricciones
- Distribución de granulometría
- Ángulos de reposo
- Cohesión supuesto
- Densidad relativa
- Resistencia al corte

2.5.3. PERSONAL OPERATIVO

Las personas que operan en Yurika y Pablo servirán para realizar cálculos del caudal necesario parar el personal del sistema de ventilación a mediano plazo. Los personales operativos de sistemas actuales y el anteriormente dicho se observa en **Cuadro 3**y **Cuadro 5**

Cuadro 3

Personal	164
Equipo	35
TOTAL	199

Fuente: Área de proyección – UM Pallancata

Cuadro 4

ITEM	EMPRESA	EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL (HP)	POTENCIA TOTAL (HP)
1	COMPAÑÍA	CAMIONETA PICK UP	4	185	740
		SCALER	2	216	432
		SCOOP	1	258	258
2	JRC	EMPERNADOR	2	185	370
		SCALER	1	145	145
		SCOOP	4	240	960
		DUMPER	4	275	1100
		JUMBO	3	186	558
		TELEHANDLER	1	268	268
		CAMION UTILITARIOS	1	165	165
		CISTERNA	1	159	159
3	ROBOCON	LANZADOR DE CONCRETO	1	170	170
		MIXER	2	190	380
4	INCISUR	CAMION PERSONAL	1	165	165
5	SyG	CAMION PERSONAL	1	165	165
6	GyG	CAMION PERSONAL	1	165	165
7	MINA	VOLQUETE	5	369	1845
TOTAL			35		8045

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5

Personal	179
Equipo	8
TOTAL	187

Fuente: Área de proyección – UM Pallancata

Cuadro 6

ITEM	EMPRESA	EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL (HP)	POTENCIA TOTAL (HP)
1	COMPAÑÍA	CAMIONETA PICK UP	1	185	185
		SCALER	1	216	216
		SCOOP	2	258	516
2	JRC	DUMPER	1	267	267
		TELEHANDLER	1	268	268
3	MINA	VOLQUETE	2	369	738
TOTAL			8		2190

Fuente: Elaboración propia

2.5.4. Aplicación y su importancia:

En algunos espacios, la importancia de mantener la calidad del aire se vuelve aún más complicada. Sin duda, uno de los casos más singulares es la ventilación en minería subterránea. Una actividad con graves riesgos para la salud que solo se puede evitar instalando un sistema de ventilación adecuado. Como veremos, actualmente existen soluciones que aumentan significativamente su eficacia.

La importancia de un sistema de ventilación en un sistema minero, considerando que no debe estar mal instalado o inadecuado para las condiciones de la mina, tiene un grave impacto en la salud de sus trabajadores y, además, tiene costos económicos considerables; no olvide que puede causar una pregunta segura en el trabajo. Todas estas son razones para prestar mucha atención a las decisiones de ventilación minera.

Asimismo, lo que se puede considerar una ventilación adecuada en minería es básicamente el sistema que garantiza el flujo de aire suficiente y necesario para que los trabajadores tengan un ambiente limpio y libre de gases tóxicos. Es decir, la ventilación en minería debe:

- Para asegurar un porcentaje mínimo de oxígeno, se debe calcular teniendo en cuenta el número de personas que ocupan el mismo espacio y sus dimensiones.
- Capaz de diluir gases tóxicos, explosivos o asfixiantes a niveles por debajo de la normativa vigente.
- Incluir un sistema de aire acondicionado ya que aumenta a medida que disminuye la temperatura. Además, el equipo que utilizan los mineros ayuda a aumentar aún más la temperatura.

Como hemos señalado, las condiciones ambientales específicas de una mina subterránea no guardan relación con las de otros espacios de trabajo y mucho menos con las de un entorno exterior. Las condiciones de temperatura del aire, humedad y composición son diferentes. De manera general (ya que cada mina tiene una situación diferente), se puede establecer esta tabla de condiciones ideales:

1. Obtener una composición del aire con las siguientes proporciones: 20% oxígeno, 78% nitrógeno, 0,20% dióxido de carbono, 0,9% argón, siendo el 0,01% restante otros gases.
2. Minimice las impurezas específicas en el aire de los gases de explosión de los que emanan las propias formaciones geológicas, así como el polvo de las misiones mineras.
3. Minimizar el grupo más común de contaminantes: monóxido de carbono, metano, nitroso, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre y polvo de roca.

Finalmente, dentro de una mina, estás expuesto a tres gases de diferentes propiedades que afectan la salud de diferentes formas:

- Los gases asfixiantes, reducen la proporción de oxígeno en la atmósfera porque ocupan su espacio al tener un volumen mayor.

- Las toxinas provocan menos oxígeno ya que penetran directamente en los pulmones y desde allí se propagan al resto del cuerpo.
- Produce un gas explosivo con diferentes síntomas, desde intoxicación hasta destrucción de tejidos. Además, suponen un riesgo adicional, ya que pueden explotar si entran en contacto con iniciadores.

Sistemas de ventilación en minería Una vez descritas las condiciones características de una mina subterránea, analicemos las diferentes opciones de ventilación en minería y sus aplicaciones específicas. El sistema de ventilación se divide en tres modos:

- Ventilación manual sin el uso de ayudas mecánicas o eléctricas. Necesita dos entradas, una para el aire y otra para la salida del aire para que pueda renovarse. Suele ser utilizado en instalaciones mineras ubicadas en zonas montañosas donde se crea la falta de homogeneidad necesaria para mantener una circulación de aire constante, sin embargo está sujeto a variaciones de temperatura y presión demasiado variables para garantizar siempre la eficiencia requerida en la calidad del aire.
- Ventilación auxiliar, que cuenta con un soporte mecánico (ventilador) para mantener circulando el flujo de aire. Es el tipo de ventilación en minería y se suele utilizar para galerías horizontales cortas.
- Ventilación principal, a través de todas las operaciones mineras (hoyos de excavación) a través de un circuito de ventilación forzada. Asegúrese de que el flujo de aire a través de este circuito de ventilación se calcule correctamente. Para ello se debe considerar el número de personas, dimensiones y piezas de trabajo

en la mina. Además, el tipo de maquinaria que se utiliza y las emisiones de gases típicas de la mina.

Este es el primer enfoque para resolver los complejos problemas que representa la ventilación en la minería. Porque la planificación y las decisiones sobre qué modelo o modelos de sistema de ventilación elegir deben basarse en un análisis detallado y preciso de diferentes factores. Finalmente, para asegurar el correcto funcionamiento de la ventilación en una mina, son necesarias mediciones continuas y periódicas de la presencia de gases, humedad y temperatura. Porque afortunadamente, los días de usar canarios para controlar la calidad del aire en la minería de interior no hace mucho tiempo.

2.5.4.1. Planificación

"Son las etapas y procesos que intervienen en el diseño de la ingeniería de ventilación minera. Para ello se tienen en cuenta personas competentes, ingenieros de minas y metalúrgicos o especialistas en ventilación para trabajos subterráneos, cálculos y diseño de circuitos".

"Con los cálculos de ventilación, que deben ajustarse de acuerdo al diseño de ingeniería establecido, se maneja el plan de mina durante la explotación, los valores definidos en el plan de ventilación de mina y los valores observados en mediciones y monitoreo continuo, establecidos según protocolos de seguridad".

"Para ello es posible verificar el estado de la ventilación de la mina realizando una ventilación isométrica a través de los cálculos del supervisor y las medidas dadas.

De igual forma se debe establecer una proyección de ventilación para que los requerimientos de caudal cumplan con los requerimientos de aire en la mina".

2.5.4.2.Plan de gestión

“El plan adoptado debe incluir el tipo de ventilación que se empleará, la provisión de capacitación e instrucción para los mineros designados, un historial de todas las mediciones de flujo de gas y ventilación, y una evaluación sistemática de la efectividad del sistema de ventilación de la mina”.

“Se debe proporcionar una copia de este plan a los trabajadores, y los trabajadores y supervisores son responsables de controlar y verificar el estado de ventilación de la mina”.

2.5.4.3.Requerimientos generales

“Se debe incluir como mínimo la siguiente información El sistema de ventilación debe incluir al menos”:

Gerente de ventilación calificado.

2.5.4.4.Plano de ventilación.

La seguridad de los aficionados.

Condiciones seguras para el control del aire.

Acciones a tomar cuando el sistema de ventilación se detiene y se restablece.

2.5.4.5.Investigación técnica

“Un estudio técnico de ventilación de una mina debe considerar al menos los aspectos señalados en los siguientes apartados”:

2.5.4.6.Cálculos para ventiladores.

Número de personas requeridas para medición de caudal.

Medida de caudal para requerimientos de temperatura.

Medición de flujo requerida para polvo en suspensión.

Medir caudal necesaria para la producción.

Medida de caudal requerida para el consumo de explosivos.

Medir caudal necesaria para equipos diésel.

2.5.4.7.Diseño

"El diseño de ventilación de una mina involucra el cálculo de los factores analizados en cada operación. Para este diseño, un experto debe realizar los cálculos necesarios y definir el circuito de ventilación de la mina, calculando el ventilador principal y el caudal necesario".

"Toda operación minera debe tener mediciones permanentes de gases en la cara activa y establecer paneles de control para que los trabajadores puedan entender la atmósfera de la mina".

"Como el avance de la mina es dinámico, cada operación debe tener un plan de ventilación actualizado semanalmente para observar problemas de aire y frentes clave".

"Para el diseño de la ventilación de la mina se debe tener en cuenta que se deben utilizar ventiladores auxiliares para desarrollar la propulsión frente a la persiana".

2.5.4.8.Causas del aumento de la temperatura del aire en las minas

"La profundidad aumenta con un aumento de temperatura de 1 °C por cada 100 m de profundidad".

La razón principal es:

Geotermia

“Un factor importante en una mina de carbón bien ventilada es el tipo de material volátil en el carbón, que puede generar polvo explosivo”.

2.5.4.9.Bloqueo.

“El problema con el polvo de carbón es que después de una explosión de gas, se produce una explosión de polvo de carbón debido al pentágono explosivo del polvo de carbón, que tiene todas las propiedades para producir una explosión de polvo de carbón”.

2.5.4.10. A prueba de explosiones

“Simplemente elimine uno de los lados del triángulo o pentágono y puede eliminar la amenaza de una explosión. En el caso de una explosión de polvo de carbón, la mejor defensa es eliminar el combustible y la fuente de calor (ignición)”.

Elimine la ignición: “Por fricción se puede controlar con un buen mantenimiento, use agua en la ducha”.

Eliminación de Metano: “Incluso si hay una fuente de ignición, sin metano, no habrá explosión. Si bien es más fácil decirlo que hacerlo, el metano debe controlarse mediante una buena ventilación”.

Eliminación del polvo de carbón: “Es inherente al proceso de producción del carbón. El lavado de techos, cálices y paredes ayudará a eliminar el polvo de carbón presente. También debe retirarse del punto de transferencia de carbón en la mina”.

Suspensión, hermético, absorción de oxígeno: “Mantenga el polvo de carbón completamente húmedo, no se aglomere, cambie sus propiedades y asegure la incombustibilidad”.

“En el frente de producción se suele utilizar agua, pero también en el punto de transferencia, pero debe ser drenada. Utilice soluciones salinas que formen costras en el polvo de carbón después de la evaporación. Agregue polvo de roca a techos, cálices, paredes y pisos hasta que se vuelva inerte”.

“El polvo fino de carbón suspendido puede formar nubes de polvo inflamable, que a veces pueden explotar más severamente que el biogás, ya que el polvo suele ser más frecuente en las minas y las instalaciones de procesamiento”.

2.5.4.11. Construir barreras contra el polvo o el agua.

“Para la construcción e instalación de barreras contra el polvo o el agua, se deben considerar los siguientes criterios”:

“Se deben instalar barreras inertes contra polvo o agua a prueba de explosiones en tramos de caminos subterráneos. El tramo de vía antes y después de la barrera anti choque debe tener una longitud mínima de 25 metros. En las áreas donde se instalen barreras a prueba de explosiones, esto debe indicarse en el cartel”.

2.5.4.12. Los tableros para polvo deben consistir en tableros sin clavos y sin marco.

“El material inerte utilizado en la barrera contra el polvo debe tener las mismas propiedades que el material inerte utilizado en el proceso de neutralización. Los materiales utilizados en contenedores a prueba de agua deben ser lo suficientemente frágiles para romperse cuando se someten a golpes de polvo u ondas de choque”.

“Las barreras contra polvo o agua deben colocarse perpendiculares al eje del corredor. Las que se utilicen para aislar el sector minero deberán contener al menos 400 litros de material por metro cuadrado de sección transversal de la galería en la que se instalen y deberán tener una longitud inferior a 80 metros. Las instaladas en los corredores de transporte de carbón deben contener al menos 200 litros de material por metro cuadrado de sección transversal del corredor de instalación y deben tener una longitud inferior a 40 metros”.

Considerar:

“Si es necesario suspender la ventilación primaria o secundaria, esta acción debe ser precedida por una orden escrita del líder técnico de la mina o de primera línea.

El personal de la mina debe ser evacuado cuando la ventilación no sea posible debido a una falla en el servicio de energía”.

“Todos los frentes activos deben inspeccionarse cuando se restablezca la ventilación antes de la entrada”.

“La presencia de 1 por ciento o más de metano, sin importar en qué parte del suelo, se define como una acumulación de metano”.

“Estas acumulaciones de gas de minas de carbón ocurren en las partes superiores de las excavaciones subterráneas o en áreas de hundimiento bastante severas y deben diluirse lo antes posible bajo la dirección de un ingeniero de minas calificado o un supervisor de minas con la capacidad”.

CAPITULO III.

3.1. TIPO DE INVESTIGACION

El tipo es aplicada, cuantitativo, experimental, descriptiva y evaluativa, es aplicativa porque se concentra en resolver uno de los problemas frecuentes en la explotación minera, es cuantitativo porque el estudio utilizará métricas medibles, para lograr la implementación del sistema de ventilación, y será experimental debido a que se diferenciará las muestras antes y después de la implementación del sistema de

ventilación para su respectiva evaluación en el software Ventsim Visual realizando un diseño y simulación.

3.2. NIVEL

El nivel es:

- Comparativo
- Explicativo
- Analítico

En el proceso de realización del trabajo de este trabajo, necesitamos analizar las variables independientes y dependientes, las cuales son: temperatura, presión del aire, flujo de aire, dimensión de la tarea e interpretación de los resultados basados en el flujo de aire, obtenidos por el software Ventsin Visual.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

3.3.1. POBLACION

Será de la zona Pablo y Yurika de Unidad Operativa Pallancata.

3.3.2. MUESTRA

La muestra representativa de producción son las labores de desarrollo y exploración que se ejecutaran la medición del flujo del aire de Pablo y Yurika de la Unidad Operativa de Pallancata.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las principales técnicas e instrumentos que utilizaremos en la investigación son:

A. Técnica Documental.

Instrumento: Formatos de registro de monitoreo de aire.

C. Técnica de simulación.

Instrumento: Sondas de monitoreo de velocidad de aire.

D. Técnica de campo.

Instrumento 1: Monitoreo de parámetros de ventilación.

3.4.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para procesar y analizar los datos se hará uso de software convencional como es el Microsoft Excel y Microsoft Word y el software Ventsim.

PROCESAMIENTO DE INFORMACION

3.5. METODOLOGIA DEL TRABAJO

a) Se realizó un cronograma de tareas que se desarrollaron en 16 días de gabinete.

b) Validación de la Topografía.

c) Determinación de direcciones de flujo y caudales.

d) Determinar la ubicación de los trabajos de ventilación para que se ubiquen conforme a los ejes de ventilación y las reservas del depósito.

e) Desarrollar la simulación y calibración del sistema existente y proyectado a corto plazo.

3.6. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LA U.O. PALLANCATA ZONA PABLO

"El accesos des aire para "Pablo" es por el ducto RB_01 (**ver Figura 1 y Anexo 03 Plano)**, que es el nexo entre el NV 4322 y el CX 4323 y el NV 4306 con la CM RB_01 con lo cual el total de aire fresco que ingresa llega a 236, 290 cfm". El lugar "Pablo" tiene 7 niveles operativos y 2 en profundización. Mostrados en el **Cuadro 7**:

Cuadro 7

Niveles Operativos	Niveles en profundización
4306	4296
4322	4280
4338	
4354	
4370	
4386	
4402	

Fuente: Área de planeamiento – UM Pallancata

El nivel operativo se conecta con la RP 1930 que iniciar en el NV 4306. El nivel de perforación se conecta a través de la RP 1910. Las rampas son utilizadas para que los equipos se movilicen por los niveles.

El nivel de Pablo cuenta con 5 chimeneas las cuales inyectan aire fresco. Las mismas se resumen en el siguiente **Cuadro 8**.

Cuadro 8

Chimeneas	Función
CH 4308	Inyección de aire fresco del nivel en profundización desde el NV 4322
CH 4306	Ventilación
CH 4310 - CH 4307	Echaderos de mineral
CH 4312	Inyección de aire fresco del nivel 4338, 4354 - 4370).

Fuente: Área de planeamiento – UM Pallancata

El aire en la zona "Pablo" se extrae por 2 ductos los cuales se puntualizan en el siguiente **Cuadro 9**:

Cuadro 9

Conducto	Ventilador	Dirección
RC 04	Zitron 150 kcfm	Superficie
RP 1950	No contiene ventilador	Yurica

Fuente: Área de proyección – UM Pallancata

Con respecto a la ventilación complementario se usan ventiladores AIRTEC Y TOMOCORP de 30 kcfm y 50 kcfm que se conectan en serie realizando la utilización de mangas de flexión de polietileno de entre 24" y 36" de diámetro. (ver figura)

Figura: Manga de ventilación lisa de 24” y 36”

3.7. SISTEMA DE VENTILACION ACTUAL

3.7.1. ZONA PABLO

a) Aforo de caudal

El aire fresco ingresa a la zona “Pablo” a través del RB 01, con una cantidad total de 236,298 cfm (**ver Cuadro 10**).

Cuadro 10

Est.	UBICACION			ARÉA	VELOCIDAD	CAUDAL	CAUDAL	DIST.
	Nivel	Labor	Detalle	m2	m/min	m3/min	cfm	(%)
EP-01	4322	CX. 4323 NE	Pie de RB 01 – Pablo	12	534	6408	226,299	**96%**
EP-02	4306	CA RB-01	Manga de ventilación	0.66	429	283.14	9,999	**4%**
TOTAL						**6,691**	**236,298**	**100%**

Fuente: Elaboración Propia

El eje de extracción principal del lugar “Pablo” es CH RC 02. La salida del aire viciado es RP 1950. El aire viciado total se extrae es 228,170 cfm (**ver Cuadro 11**).

Cuadro 11

	UBICACIÓN			AREA	VELOCIDAD	CAUDAL	CAUDAL	DIST.
Estac.	Nivel	Labor	Detalle	m2	m/min	m3/min	cfm	(%)
EP-01	Área	RC 02	FAN 150 kcfm	2	2,537	5074	179,188	**79%**
EP-02	4306	RP 1950	sale del Taller y del Nv 430	1.9	73	1387	48,982	**21%**
TOTAL						**6,461**	**228,170**	**100%**

Fuente: Elaboración Propia.

La diferencia entre ingresos y egresos es 8,127 cfm (**ver Cuadro 12**).

Cuadro 12

RESUMEN	CAUDAL
TOTAL INGRESO	236,298
TOTAL SALIDA	228,170
DIFERENCIA	8,127
% DIFERENCIA	**3%**

Fuente: Elaboración Propia

3.7.2. CALCULO DE COBERTURA

REQUERIMIENTO DE CAUDAL DE AIRE DE LABORES DE DESARROLLO

Caudal del aire para mina el subterráneo es según la normativa actual "DS – 023-2017-EM".

Obtener los cálculos del caudal inmejorable para minería subterránea se calcularan los siguientes:

- Caudal necesario del aire de equipos DIESEL.
- Caudal necesario del aire del personal que labora en la mina.

- Caudal necesario del aire para remover gases.
- Caudal necesario del aire para Madera y fugas.

a) Requerimientos de aire para Personal (QTr)

"De acuerdo al D.S. – 023-2017-EM. Art. 247, determinaremos el caudal de aire, al multiplicar el requiere el personal del elemento 6m³/min debido la unidad minera Pallancata está 4300 msnm por la cantidad del personal dentro de los trabajos mineros obtenidos caudal de 990 m^3/min". (**Ver Cuadro 13**).

$$Q_{Tr} = N° \text{ de personas x Factor}$$

$$Q_{Tr} = 165 \times 6$$

$$Q_{Tr} = 990\ m^3/min$$

Cuadro 13

Número de personas	Factor ($6m^3$/min a más de 4000 msnm)	m^3/min
165	6	990

Fuente: Elaboración propia

b) Requerimiento del aire para Equipos a diesel (QEq)

El anexo del estatuto del DS-023-2017-EM. El caudal necesario para equipo de diésel se da:

$$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u\ (m^3/min) \text{---------} (1)$$

Donde:

Q_{Eq} = Volumen del aire necesario de ventilación (m^3/min);

HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs);

D_m = Disponibilidad mecánica del promedio de equipos (%);

F_u = Elemento de utilización promedio de equipo (%).

El informe es dado U. O. Pallancata por el área de productiva, disponible mecánica 60% y utilización promedial 60%.

En el **Cuadro 14** se muestra el parámetro utilizado para determinar la exigencia del aire del equipo a diésel (Qeq), estos procedimientos se detallan:

$$Qeq = Potencia\ Total\ x\ factor\ x\ Dm\ x\ Fu$$

$$Qeq = 8045\ x\ 3\ x\ 0.6\ x\ 0.6$$

$$Qeq = 8688\ m^3/min$$

Cuadro 14

N° de equipos	Potencia total HP	Factor	Disponibilidad Mecánica Dm (%)	Factor de utilización Fu (%)	Caudal requerido Qeq m^3/min
35	8045	3	0.6	0.6	8688

Fuente: Elaboración propia

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

Las calidades de las rocas en interiores de la mina, es bastante buenas por ello necesita madera que es utilizable para el sostén del caudal del consumo de madera es nada.

d) Caudal requerido para temperatura de labor de trabajo (QTe)

El caudal del aire es importante para NV 4 280 para el registro de temperatura mayor de 24°C. Por la metodologia dado en el anexo n° 38 de DS- 023 2017 - EM. (**ver Cuadro 15**), donde se detallan las siguientes formulas:

$$QTe = Vm \times A \times N \ (m^3/min)$$

Dónde:

QTe = Caudal de temperaturas (m^3/min);

Vm = Velocidad mínima;

A = Áreas de las labores promedios;

N = Números de nivel con temperatura superior a 24°C

Cuadro 15

TEMPERATURA SECA (°C)	VELOCIDAD MÍNIMA (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

Fuente: Anexo 38 del DS 023 2017 EM.

El NV 4280 tienen la temperatura mayor de 24°C, se calcula los requerimientos del caudal del aire por temperaturas para niveles. Lograr los requerimientos de caudal por temperaturas se multiplican las áreas de la sección de labor (A) m2 por velocidad necesaria (Vm) por la cantidad de pisos a ventilar (**ver Cuadro 16**). Los cálculos desarrollados se detallan en la siguiente:

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

$$QTe = 23 \times 30 \times 1$$

$$QTe = 690\ m^3/min$$

Cuadro 16

Sección promedio de labores, A m^2	Velocidad requerida Vm m/min	Numero de niveles a ventilar	Requerimiento de caudal por temperatura QTe m^3/min
23	30	1	690

Fuente: Elaboración propia.

e) Caudal requerido por fugas (QFu)

$$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1}\ (m^3/min)$$

Donde:

$$Q_{sub}T1 = QTr + QTe + QMa + QEq$$

"Para establecer caudal necesario por (QFu) es importante determinar en primer lugar, el caudal del sub total $Q_{sub}T1$ es parejo al necesario del aire para el personal QTr de 984 m^3/min más caudal del aire por temperaturas, el cálculo es 695.1 m^3/min por la temperatura del NV 4280 es alto a 24°C se consideran los caudales del aire del ventilación por temperatura de acuerdo a la normativa DS 023 2017 EM. El caudal necesario de la madera QMa, la Módulo operativo de Pallancata no se utiliza mantenimiento con madera usando detrítico y sistema de sostenido metálico (**ver Cuadro** 17)". El cálculo se detalla:

$$Q_{sub}T1 = QTr + QTe + QMa + QEq$$

$$Q_{sub}T1 = 990+690+0+8688$$

$$Q_{sub}T1 = 10368\ m^3/min$$

$$QFu = 0.15x\ Q_{sub}T1$$

$$QFu = 1555$$

Cuadro 17

QTr m^3/min	Caudal requerido por personal	990
QTe m^3/min	Caudal requerido por Temperatura	690
QMa m^3/min	Caudal requerido por Madera	0
QEq m^3/min	Caudal requerido por Equipos	8688
$Q_{sub}T1$ m^3/min	**Caudal requerido sub Total**	**10368**
Q_{Fu} m^3/min	Caudal requerido por fugas	1555

Fuente: Elaboración propia

f) Requerimiento

Para lograr la requisición general del ventilación del caudal necesario de personas y el caudal necesario del consumo de maderas y el caudal necesario de temperaturas en el desarrollo requerido de equipo diese del caudal necesario de fugas logrando obtener el caudal total de 11923 m^3/min (**ver Cuadro 18**).

Cuadro 18

Distribución Requerimientos	**m^3/min**	**cfm**
QTr: Personas (165 trabajadores)	990	34,961
QMa: Consumo de Madera (<20%)	-	-
QTe: Temperatura en Labores (>24 °C, NV 4280)	690	24,367
QEq: Equipos Diesel (35 equipos; 8,045 HP)	8,688	306,814
Caudal Requerido $Q_{sub}T1$	**10,368**	**366,142**
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%* $Q_{sub}T1$)	1,555	54,914
Caudal Requerido Qto= $Q_{sub}T1$+Qfu	**11,923**	**421,057**

Fuente: Elaboración propia.

g) Cobertura

Lu ubicación “Pablo” necesario de 421,057 cfm, cotejado con la entrada de aire, posee la cubierta de 54% (**ver Cuadro 19**).

Cuadro 19

Balance Total de Aire		
Caudal de Aire	**m^3/min**	**cfm**
Total de aire requerido	11,923	421,057
Ingreso de aire a mina	6,621	236,298
Salida de aire	6,461	228,170
Cobertura (%)	**54**	
Déficit (cfm)	**192,887**	

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3. ZONA YURIKA

a) Aforo De Caudales

Caudal total ingresado es de 288,237 cfm de aire al área. Como se ve en el siguiente **Cuadro 20**.

Cuadro 20

	UBICACIÓN			AREA	VELOCIDAD	VELOCIDAD	CAUDAL	DIST.
Estac.	**Nivel**	**Labor**	**Detalle**	**m^2**	**m/min**	**m3/min**	**cfm**	**(%)**
EP-01	SUP.	RB 02	Cabeza de RB 02	4.52	168	759.36	26,817	9%
EP-02	SUP.	RB 03	FAN 30 KCFM	0.64	1782	1140.48	40,276	14%
EP-03	SUP.	RB 04	Cabeza de RB 04, 90% obstrucción	0.19	771	146.49	5,173	2%
EP-04	4306	RP 1950	Sale del Taller y del Nv 4306	19.39	73	1415.47	49,987	17%
EVS-21	4430	CX 1720 NW	A 5m antes de ingreso Yurika	21.56	218	4700.08	165,983	58%
TOTAL						**8162**	**288,237**	100%

Fuente: Elaboración Propia.

La totalidad del aire viciado se ve en la zona “Yurika” se determina en 302,215 cfm. Como se observa en el siguiente **Cuadro 21**.

Cuadro 21

	UBICACIÓN			AREA	VELOCIDAD	CAUDAL	CAUDAL	DIST.
Estac.	Nivel	Labor	Detalle	m^2	m/min	m3/min	cfm	(%)
EP-01	SUP.	RB 05	FAN 150KCFM	2	2,439	4878	172,267	57%
EP-02	SUP.	RB 01	FAN 110KCFM	1.77	2,068	3660	129,266	43%
TOTAL						8538	302,215	100%

Fuente: Elaboración Propia.

En síntesis, entre ingresos y egresos de aire hay diferencia de 13,978 cfm. Como vemos en **Cuadro 22**.

Cuadro 22

AFOROS	CAUDAL (cfm)
TOTAL INGRESO	288,237
TOTAL SALIDA	302,215
DIFERENCIA	-13,978

Fuente: Elaboración Propia

3.7.4. CALCULO DE COBERTURA

REQUERIMIENTO DE CAUDAL DE AIRE PARA LABORES DE TRABAJO

Se observa a través del estudio del reglamento de “DS – 023-2017-EM”, de ventilación de mina subterránea.

Enfocado de la normativa de desarrollo de los cálculos del caudal necesario del aire para ventilar correcto el labor del trabajo, los equipos Diésel utilizados, por los personales que laboran en los interior de minas y el transporte de gas tóxico producto de la voladura y el uso de la madera y fugas por daños de mangas ventilación.

a) Requerimientos de aire para Personal (QTr)

En el Decreto Supremo DS – 023-2017-EM. Art. 247. Menciona el caudal necesario para los trabajadores que laboran en el interior de la mina, multiplicándose del caudal de aire p/p por 6m³/min esto ocasionado a unidad minera de Pallancata que está a 4300 msnm por la cantidad de personal que labora dentro de las minas logrando un caudal de 1080 m^3/min (**ver Cuadro 23**). El cálculo es.

$$Q_{Tr} = Número\ de\ personas\ x\ factor$$

$$Q_{Tr} = 180x6 = 1080$$

Cuadro 23

Número de personas	Factor (6m^3/min a más de 4000 msnm)	m^3/min
180	6	1,080

Fuente: Elaboración propia.

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

Se observa en el anexo del manual DS-023-2017-EM. El caudal requerido para equipos diésel está ofrecido por:

$$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u\ (m^3/min)\ ...\ (1)$$

Dónde:

Q_{Eq} = Volumen del aire necesario para ventilación (m^3/min);

HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs);

D_m = Disponibilidad mecánica del promedio de los equipos (%);

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

Para utilizarla se detalla la disponibilidad mecánica de 60% del elemento de uso promedio de 60% de información dada en la zona de producción.

En el **Cuadro 24,** Procedimiento para determinar el requerimiento de aire del equipo diesel (Qeq), cfm se obtiene usando la siguiente fórmula, el número de equipos multiplicado por 3 veces la disponibilidad mecánica promedio del equipo multiplicada por potencia efectiva (HP) (Dm) La tasa de ventilación QEq se obtiene por el factor de utilización del equipo al valor medio de la columna de volumen de aire.

$$Qeq = Potencia\ total\ x\ Factor\ x\ Dm\ x\ Fu$$

$$Qeq = 2190\ x\ 3\ x\ 0.6\ x\ 0.6$$

$$Qeq = 2365\ m^3/min$$

Cuadro 24

Número de equipos	Potencia total HP	Factor	Disponibilidad Mecánica Dm (%)	Factor de uso Fu (%)	Caudal requerido m^3/min
8	2190	3	0.6	0.6	2365

Fuente: Elaboración propia

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

En este no demanda el caudal de gas producido para madera esto porque no usa madera para el sostén del desarrollo porque calidad de piedra es buena.

d) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

Para el caudal es necesario que se requiera por que la temperatura es NV 4280 que registra temperatura mayor a 24°C, siguiendo el método dado en el anexo 38, e indica:

$$QTe = Vm \times A \times N \ (m^3/min)$$

Donde:

QTe = Caudal por temperatura (m^3/min);

Vm = Velocidad minima;

A = Área de la labor promedio;

N = Número de niveles con temperatura mayor a 24°C

Debido a que la zona Yurika no tiene temperaturas mayores a 24°C, el requerimiento por temperatura para esta zona es de 0.

e) Caudal requerido por fugas (QFu)

$$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1} \ (m^3/min)$$

Donde:

$Q_{sub}T1 = QTr + QTe + QMa + QEq$

"Al calcular el caudal requerido por fuga (QFu), es importante calcular que el caudal total requerido QsubT1 es igual al caudal de aire requerido para los trabajadores QTr es 1074 m3/min más el caudal de aire demandado para temperatura es 0, ya que hay sin tareas de temperatura por encima de 24°C. El flujo de aire requerido para la madera QMa es cero "0" debido al uso de un sistema de suministro de metal y relleno de

astillas. El caudal necesario para la fuga es entonces igual al 15% x (3445), lo que equivale a 517 m3/min (**ver Cuadro 25**). se desarrolla los cálculos necesarios".

$$\boldsymbol{Q_{sub}T1 = QTr + QTe + QMa + QEq}$$

$$Q_{sub}T1 = 1080+0+0+2365$$

$$Q_{sub}T1 = 3445\ m^3/min$$

$$\boldsymbol{QFu = 0.15x}\ Q_{sub}T1$$

$$QFu = 517$$

Cuadro 25

QTr m^3/min	Caudal requerido por personal	1080
QTe m^3/min	Caudal requerido por Temperatura	0
QMa m^3/min	Caudal requerido por Madera	0
QEq m^3/min	Caudal requerido por Equipos	2365
$Q_{sub}T1$ m^3/min	Caudal requerido sub Total	3445
Q_{Fu} m^3/min	Caudal requerido por fugas	517

Fuente: Elaboración propia.

f) Requerimiento

Para lograr los requisitos generales de ventilación, sume caudal necesario por persona más el necesario para uso de madera más el caudal necesario para temperatura de desarrollo la demanda de equipos diésel más el necesario para fugas para caudal total de 3962 m3/min (**ver Cuadro 26**).

Cuadro 26

Distribución Requerimientos	m^3/min	cfm
QTr: Personas (179 trabajadores)	1,080	38,139
QMa: Consumo de Madera (<20%)	-	-
QTe: Temperatura en Labores (>24 °C)	0	0
QEq: Equipos Diesel (8 equipos; 2,190 HP)	2,365	83,519
Caudal Requerido $Q_{sub}T1$ = QTr+Qma+Qte+Qeq	**3,445**	**121,659**
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%* $Q_{sub}T1$)	517	18,257
Caudal Requerido Qto=$Q_{sub}T1$+Qfu	**3,962**	**139,916**

Fuente: Elaboración Propia.

g) Cobertura

Posteriormente de trazar e identificar la zona más crítica, "Yurika" se demanda 139,916 cfm., como observa en el **Cuadro 26**. El ingreso presente de aire posee una cubierta de 206%, observado en el **Cuadro 27**

Cuadro 27

Síntesis Total de Aire		
Caudal de Aire	**m^3/min**	**cfm**
Total de caudal de aire requerido	3,957	139,924
Ingreso de caudal de aire a mina subterránea	8,162	288,237
Salida de caudal de aire de interior mina	8,538	302,215
Cobertura (%)	**206%**	
Superávit (cfm)	**148,313**	

Fuente: Elaboración Propia.

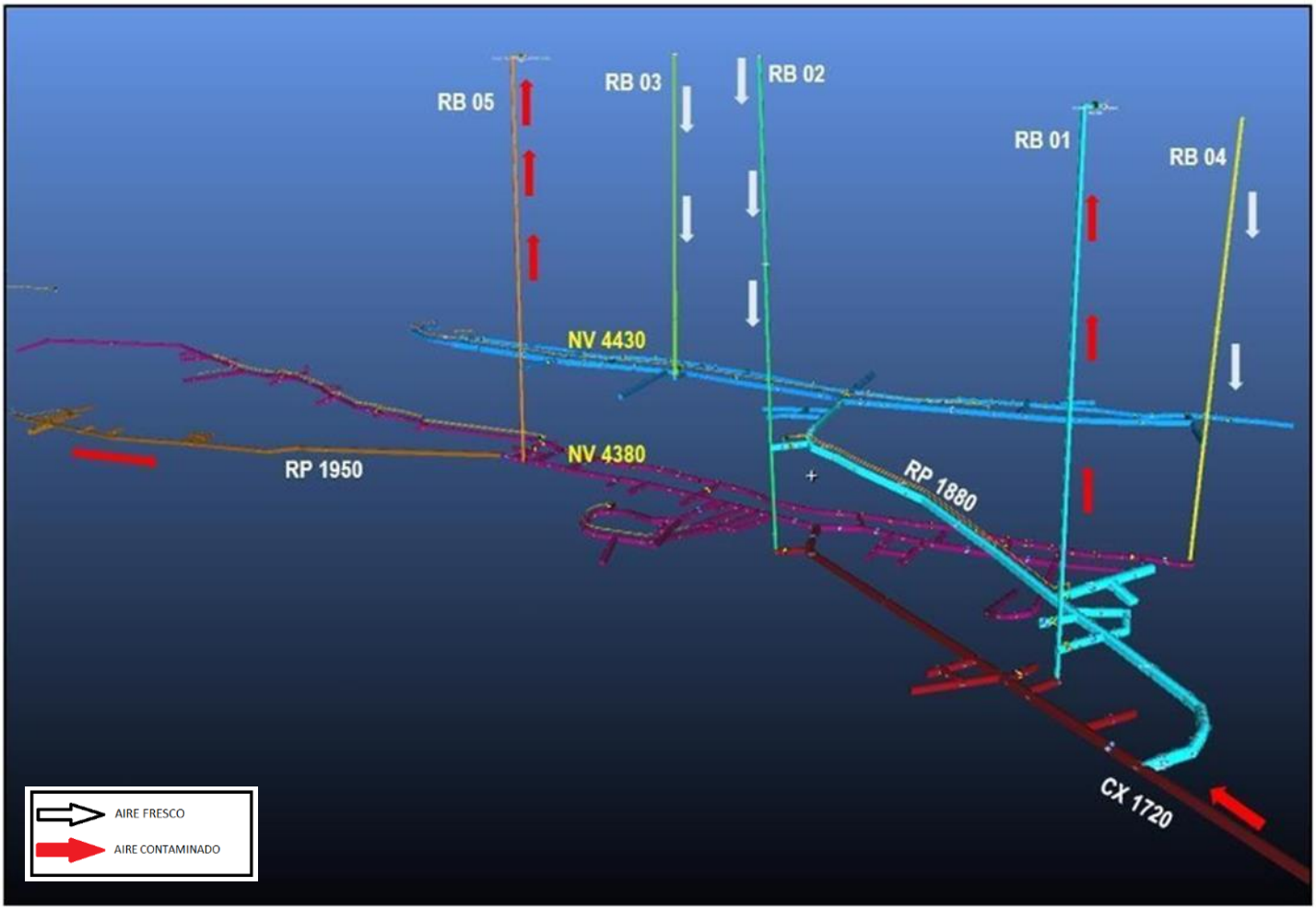
3.8. DIAGNOSTICO MODELO VENTSIM ACTUAL

El modelado de las áreas "Yurika" y "Pablo" se efectuó utilizando datos de terreno proporcionados por las áreas de terreno y planificación de la U.O Pallancata. Se realizó la validación de datos sobre el modelo de mina en MINESIGHT (dimensiones de sección, ubicaciones de horizonte y conexiones de mina).

3.9.MODELAMIENTO DE LAS ZONAS “YURIKA” Y “PABLO”

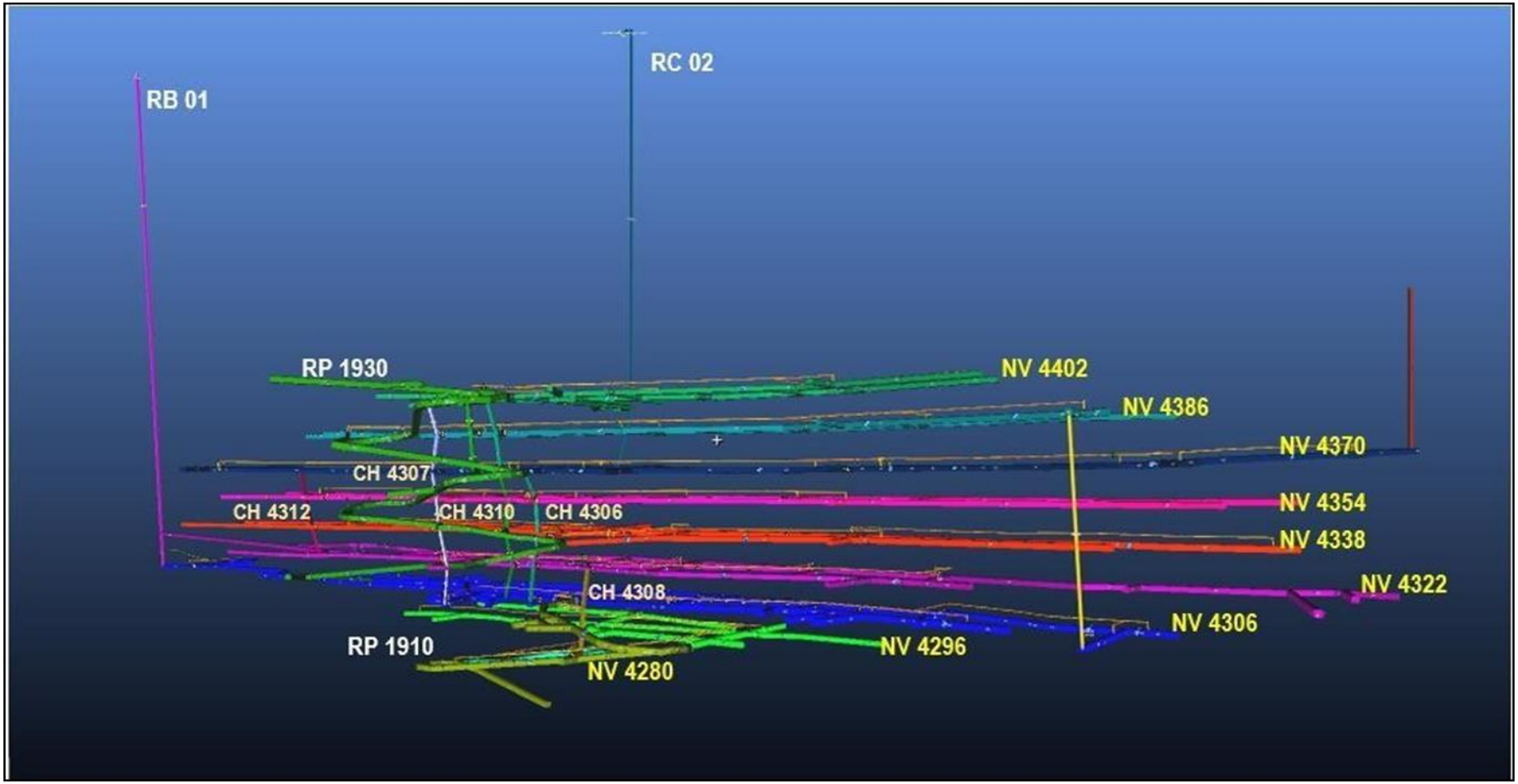
Modelado de U.O. Pallancata en software VentsimTM Design 5.1 100% completo, topografía totalmente identificada y aprobada para planeamiento y área de servicio de mina, topografía general de “Yurika” y “Pablo”. (**ver Figura 12**)

Figura 12



Fuente: Elaboración Propia - Simulación en Ventsim.

Figura 13



Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

3.9.1. PARAMETRO AMBIENTAL

La aplicación y calibración de la guía de ventilación de la U. O. Pallancata ingresa información verificada previamente (costos, altitud, temperatura, densidad, presión, resistencia), observado en el **Cuadro 28.**

Cuadro 28

Medio ambiente	
[RESET]	No
Aire densidad de flujo compresible	**0.73 kg/m³**
Ajuste temperatura superficie	Si
Año actual	**2018.775**
Calor específico de la roca	**800.0 J/kgC**
Conductividad Térmica de la roca	**3.00 W/mC**
Densidad de la roca (Opcional si se establece difusividad)	**2,698 kg/m³**
Densidad del Aire en la red	**0.73 kg/m³**
Difusividad térmica de la roca	**1.390 m²/s 10-6**
Edad del conducto de aire	**30.000 años**
Elevación superficial de la rejilla de la mina	**4,431.1 m**
Fracción de la humedad de la roca	**0.3**
Gradiente geotérmico	**2.0 C/100m**
Presión barométrica en la superficie	**60.1 kPa**
Superficie atmosférica tasa de lapso	**6.4 C/1000m**
Superficie de referencia elevación sobre el nivel del mar	**4,190.8 m**
Temperatura de la roca superficial	**5.0 C**
Temperatura del bulbo húmedo en la superficie	**8.9 C**
Temperatura del bulbo seco en la superficie	**12.1 C**

Fuente: Simulación en Ventsim

3.9.2. RESUMEN DE LA RED ACTUAL

En total, para Ventsim™ Design 5.1, el flujo de aire de recepción se muestra como 468 901 cfm y el flujo de escape del aire se muestra como 481 086 cfm. Este flujo representa la entrada y salida total de todos los modelos simulados ("Pablo" y "Yurika"); la cantidad total de aire entrante se calcula en 516,388 cfm, y este desequilibrio entre campo y modelo Ventsim es por cantidad

calculada 48,432 cfm se considera la salida de "Pablo" así como la entrada de "Yurika" (requiere trabajo independiente 02 área).

Entonces, anímate: 516,388 cfm – 48,432 cfm = 467,956 cfm; estos últimos valores son los mismos que la simulación de Ventsim Design, como observa en **Cuadro 29**

Cuadro 29

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	0: Actual
Todos los conductos de aire	2949
Actual etapa conductos	2049 y 56 Exclusión
Longitud total	31,595.2 m
Caudal de aire total de admisión	468,901 cfm
Caudal de aire total de escape	481,086 cfm
Flujo de masa total	158.48 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.03278 PU
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.07327 PU

Fuente: Simulación en Ventsim

3.9.3. CURVA CARACTERISTICA DE RESISTENCIA EN MINA

Las fórmulas en ventilación de mina se expresan en un sistema cartesiano con flujo (Q) en el eje "X". La caída de presión (H) está en el eje "Y". Cualquier tarea y/o conjunto de tareas, formando un circuito de ventilación, se representa mediante la siguiente relación (**ver Gráfico 1**):

$$H = R \times Q2$$

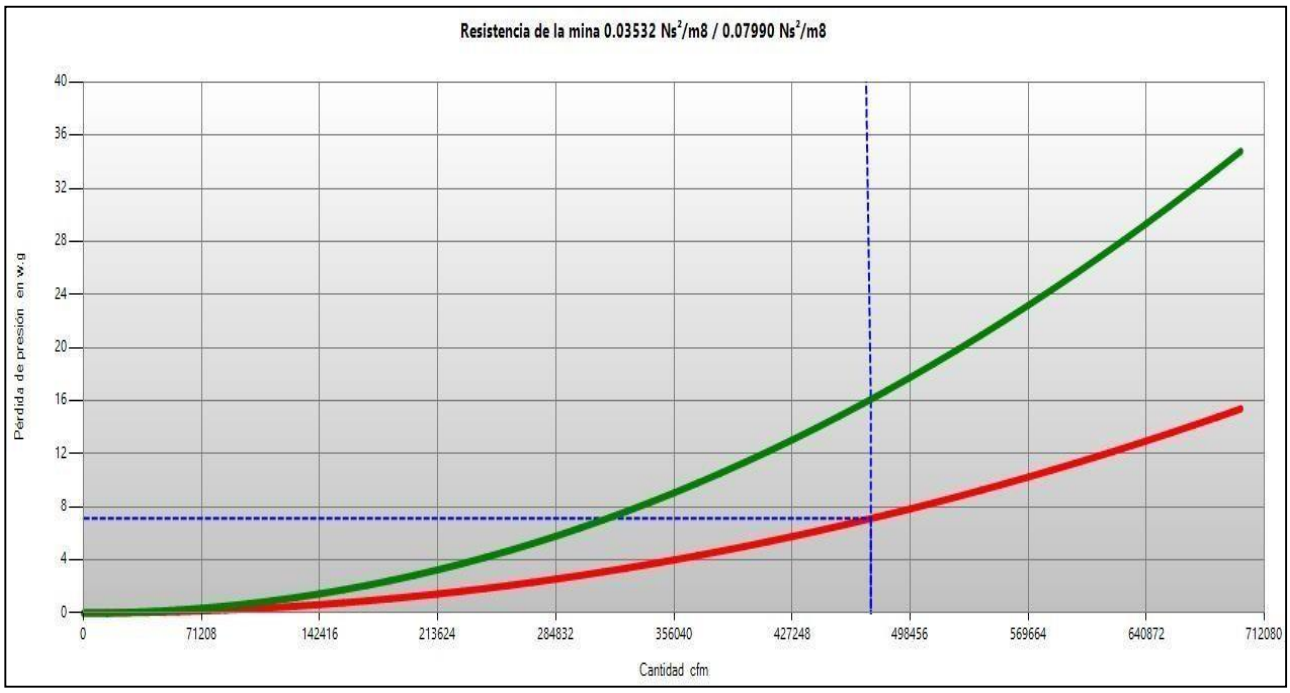
Dónde:

H: Presión del sistema en Pascales (Pa)

R: Resistencia de la mina $(\frac{Ns^2}{m^2})$

Q: Caudal total de ingreso de aire $(\frac{m^3}{s})$

Gráfico 1



Fuente: Simulación en Ventsim.

Los soportes del sistema son 0.033 PU (sin considerar ventilación principal, manga de ventilación) y 0.073 PU (tomando en cuenta manga de ventilación).

a) Potencia eléctrica instalada

Con base en los niveles de voltaje y corriente desarrollados en el campo, obtuvieron una potencia efectiva total de 2,187 HP. 2356.8 HP de potencia simulada verificada en el resumen del modelo de diseño de Ventsim (**ver Cuadro 30**).

La calibración del modelo de la potencia eléctrica e instalada es 29.21%

$$\% \, Var. \, Pot. \, Instalada = \frac{Pot \, Campo - Pot \, Ventsim}{Pot. \, Campo}$$

$$\% \, Var. \, Pot. \, Instalada = \frac{2187HP - 2356.8 \, HP}{2180HP}$$

$$\% \, Var. \, Pot. \, Instalada = -7.79\%$$

Cuadro 30

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	1,234.8 hp Total
	257.8 hp Chimenea
	296.1 hp Conducir
	680.9 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	**2,356.8 hp**
Costo de energía anual de la red	**$ 1,231,657**
Eficiencia de la red	**52.4 %**
Que consta de ..	
25 Ventiladores	2,233.9 hp
0 Presiones fijadas	0.0 hp
3 Flujos fijados	122.9 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

Fuente: Simulación en Ventsim

b) Costo de energía

"El coste unitario de la energía es de 0,08 kWh. El costo de energía enventiladores para todo el sistema fue de $1, 141,077 medido por amperaje de voltaje. De acuerdo la simulación en Ventsim, el costo de la energía es de $1, 231,657 (**ver Cuadro 31**)".

$$\%\,Var.\ \ Costo\ Energía = \frac{Cost.\,Campo - Cost.\,Ventsim}{Cost.\,Campo}$$

$$\%\,Var.\ \ Costo\ Energía = \frac{US\$\ 1{,}141{,}077 - US\$\ 1{,}231{,}657}{US\$\ 1{,}141{,}077}$$

$$\%\,Var.\,Costo\ Energía = -7.94\ \%$$

Cuadro 31

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	1,234.8 hp Total
	257.8 hp Chimenea
	296.1 hp Conducir
	680.9 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	**2,356.8 hp**
Costo de energía anual de la red	**$ 1,231,657**
Eficiencia de la red	**52.4 %**
Que consta de ..	
25 Ventiladores	2,233.9 hp
0 Presiones fijadas	0.0 hp
3 Flujos fijados	122.9 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

Fuente: Simulación en Ventsim.

3.10. SISTEMA DE VENTILACION PROYECTADO A MEDIANO PLAZO

Este sistema trabajó calculara el requerimiento del área en estudio

Yurika porque esta punto de culminar explotación.

3.10.1. CALCULO DE COBERTURA

REQUERIMIENTO DE CAUDAL DE AIRE PARA LABORES DE DESARROLLO

Se aplicó el estudio de Norma "DS – 023-2017-EM", proporcionado a ventilación en minas.

Basados a esta norma desarrolla cálculos de caudal importante para ventilar convenientemente para los trabajos de ejecución, según los equipos Diésel utilizados, por los trabajadores de la mina y traslado de gases tóxicos por voladuras y adicionales, uso de maderas.

a) Requerimientos de aire para Personal (QTr)

Decreto Supremo DS – 023-2017-EM. Artículo 247, para lograr el flujo total de personas por el método señalado en el DM-023-2017-EM, dado que unidad minera Pallancata ubicándose 4.300 msnm, se incrementa la demanda por persona a 6m³/min dentro de la carga de trabajo minero para alcanzar un caudal de 1230 m3/min **(ver Cuadro 32**).

$$Q_{Tr} = Número\ de\ personas\ x\ Factor$$

$$Q_{Tr} = 206\ x\ 6$$

$$Q_{Tr} = 1230\ m^3/min$$

Cuadro 32

Número de personas	Factor (6m³/min a más de 4000 msnm)	m³/min
206	6	1236

Fuente: Elaboración propia

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

En anexo del reglamento del DM-023-2017-EM. El caudal necesario de equipos a diesel se da por:

$$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u \ (m^3/min).(1)$$

Donde:

QEq = Volumen de aire necesario para la ventilación (m^3/min);

HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs);

Dm = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%);

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

"Para desarrollar la formula se menciona que la disponibilidad mecánica es 60% y el factor de uso promedio es 60% que datos ofrecidos por la zona de producción.

En el **Cuadro 33,** menciona el proceso para determinar la demanda de aire (Qeq) de los equipos diésel en pies cúbicos por minuto, cfm".

$$Qeq = Potencia\ total \times Factor \times Dm \times Fu$$

$$Qeq = 9111 \times 3 \times 0.6 \times 0.6$$

$$Qeq = 9339.88\ m^3/min$$

Cuadro 33

Número de equipos	Potencia total HP	Factor	Disponibilidad Mecánica Dm (%)	Factor de utilización Fu (%)	Caudal requerido m^3/min
40	9111	3	0.6	0.6	9839.88

Fuente: Elaboración propia

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

"Para el flujo de consumo de madera no se necesita flujo de gas ya que no utiliza madera para soportar la obra, esto se debe a calidad de roca es muy buena".

d) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

Si la temperatura del NV 4280 requiere flujo de aire, ya que la temperatura registrada es superior a 24°C. Siguiendo la secuencia dada en Anexo del DM-023-2017-EM, se señala que:

$$QTe = Vm \times A \times N \ (m^3/min)$$

Donde:

QTe = Caudal por temperatura (m^3/min);

Vm = Velocidad minima;

A = Área de la labor promedio;

N = Número de niveles con temperatura mayor a 24°C

La temperatura del NV 4280 está por encima de los 24 °C y usted calculó requisito de flujo temperatura. Para lograr los requisitos de temperatura versus flujo, el área (área) "A" de la sección de trabajo se reproduce por velocidad requerida "Vm" a través de la serie en la ventilación (**ver Cuadro 34**). Los cálculos efectuados se detallan así:

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

$$QTe = 23.17 \times 30 \times 1$$

$$QTe = 695.1\ m^3/min$$

Cuadro 34

Sección promedio de labores, A m2	Velocidad requerida Vm m/min	Numero de niveles a ventilar	Requerimiento de caudal por temperatura QTe m^3/min
23	30	1	690

Fuente: Elaboración propia

e) Caudal requerido por fugas (QFu)

$$\mathbf{Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1}\ (m^3/min)}$$

Donde:

$Q_{sub}T1 = QTr + QTe + QMa + QEq$

"Para establecer el caudal de fuga requerido (QFu), es importante calcular primero el caudal total QsubT1, que es similar al caudal de aire requerido por el personal, QTr, más el caudal de aire requerido por temperatura. Por tanto, el caudal necesario para la fuga es igual al 15% x (11771), que es igual a 1765 m3/min (**ver**

$$\boldsymbol{Q_{sub}T1 = QTr + QTe + QMa + QEq}$$

$$Q_{sub}T1 = 1236 + 695 + 0 + 9840$$

$$Q_{sub}T1 = 11771\ m^3/min$$

$$\boldsymbol{QFu = 0.15x}\ Q_{sub}T1$$

$$QFu = 1766$$

Cuadro 35). Aquí, observamos los cálculos ejecutados".

$$Q_{sub}T1 = QTr + QTe + QMa + QEq$$

$$Q_{sub}T1 = 1236 + 695 + 0 + 9840$$

$$Q_{sub}T1 = 11771\ m^3/min$$

$$QFu = 0.15x\ Q_{sub}T1$$

$$QFu = 1766$$

Cuadro 35

QTr m^3/min	Caudal requerido por personal	1236
QTe m^3/min	Caudal requerido por Temperatura	695
QMa m^3/min	Caudal requerido por Madera	0
QEq m^3/min	Caudal requerido por Equipos	9840
$Q_{sub}T1$ m^3/min	Caudal requerido sub Total	11,771
Q_{Fu} m^3/min	Caudal requerido por fugas	1,766

Fuente: Elaboración propia.

f) Requerimiento

"Para conseguir caudal de aire necesario para la ventilación, sume el necesario para el personal más el anterior para el consumo de leña más necesario para la temperatura de funcionamiento más la demanda de los equipos diésel más necesario para las fugas, dando un total de 13.537 m3/ min es equivalente a 478,055 cfm (**ver Cuadro 36.**)".

Cuadro 36.

Distribución Requerimientos	m^3/min	cfm
QTr: Personas (206 trabajadores)	1236	**43,649**
QMa: Consumo de Madera (<20%)	-	
QTe: Temperatura en Labores (>24 °C, NV 4280)	695	**24,544**
QEq: Equipos Diesel (40 equipos; 9110.91 HP)	9,840	**347,496**
Caudal Requerido $Q_{sub}T1$ = QTr+Qma+Qte+Qeq	**11,771**	**415,689**
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%* $Q_{sub}T1$)	1,766	**62,366**
Caudal Requerido Qto=$Q_{sub}T1$+Qfu	**13,537**	**478,055**

Fuente: Elaboración propia

3.11. DISEÑO DE ESCENARIOS A MEDIANO PLAZO

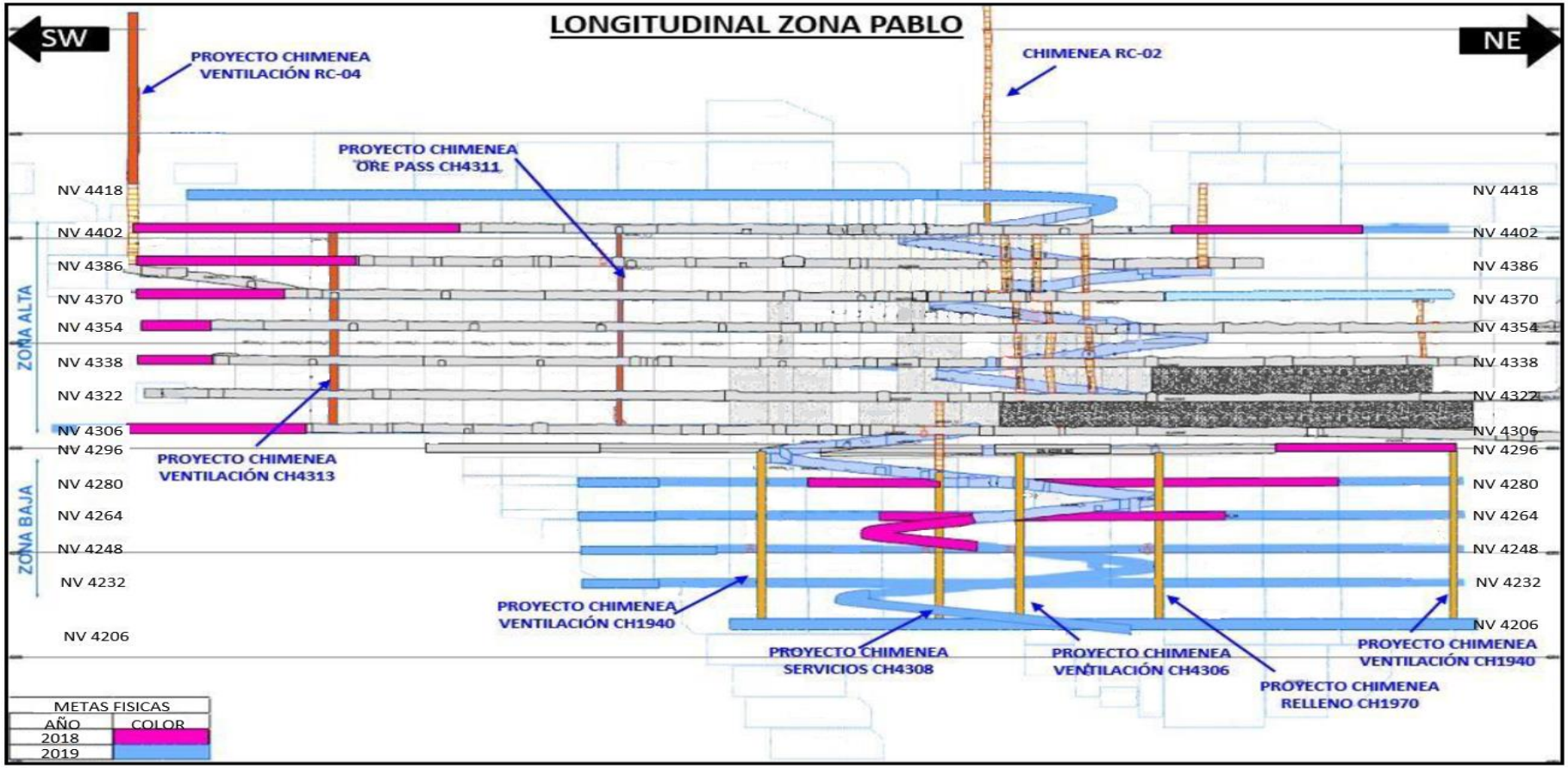
Se ha tenido en cuenta el LOM proporcionado por U.O. Pallancata, la mina tiene una utilidad extendida de 03 años (al 2021), especialmente en base a la zona de "Pablo", que también es la que tiene más problemas de cobertura de ventilación (en la actualidad 56%), por lo que es importante precisar nuevos ejes de ventilación para obtener y cumplir el 100% de los requisitos.

Donde el planeamiento facilito modelos de mina proyectados al año 2019, donde se expresan a continuación.

a) Modelo proyectado de la zona "PABLO" al 2019

La LOM de U. O. Pallancata, para el 2019 el área "Pablo" deberá contar con 14 niveles. La demanda aérea estará cerca de los 500 kcfm (la demanda exacta es de 476,789 cfm) (**Ver Figura 14**).

Figura 14

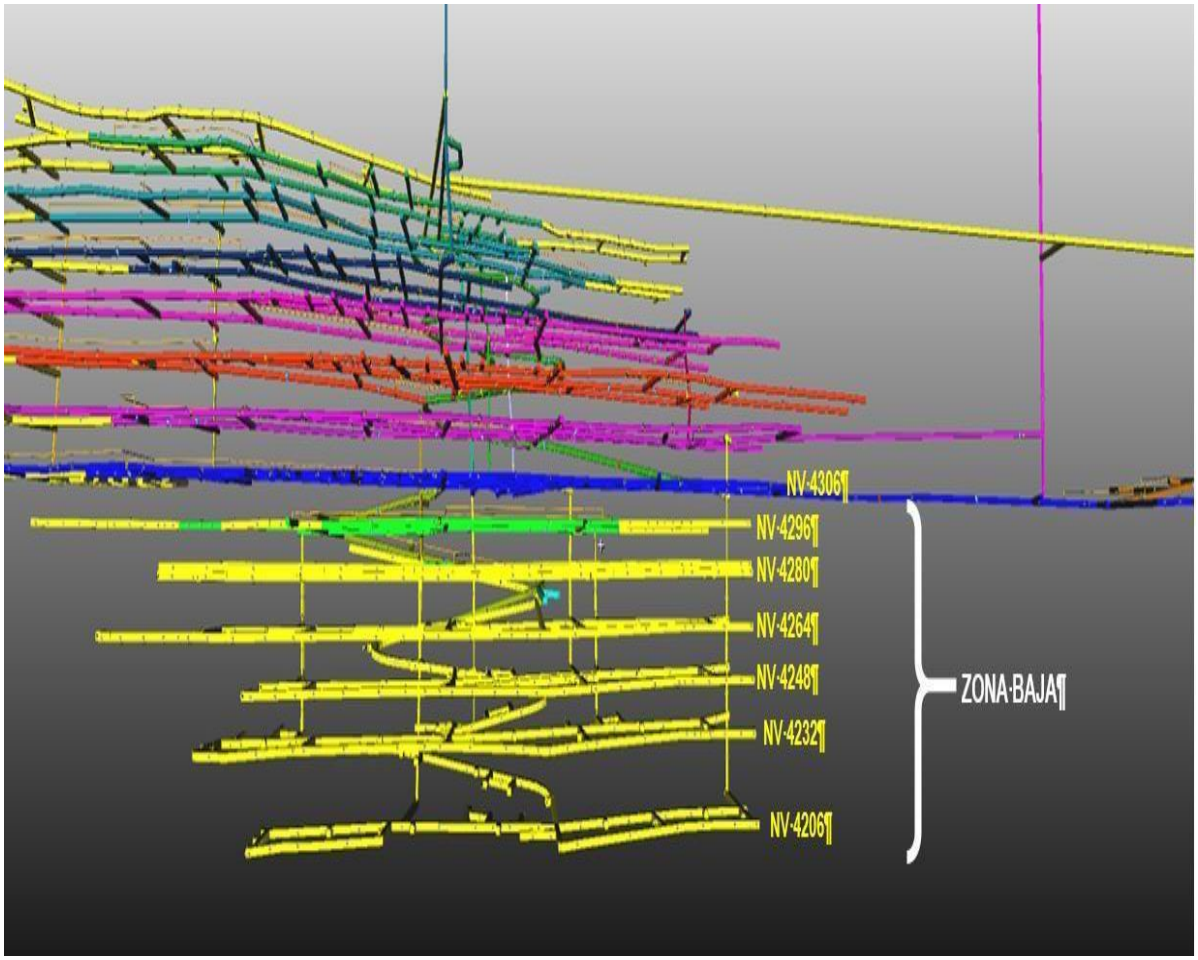


Fuente: Área de Planeamiento U.O. Pallancata.

b) “PABLO” zona baja

En 2019, zona “Pablo” tiene planeado ahondar 5 niveles, hasta alcanzar Nivel 4206 (**ver Figura 15**).

Figura 15



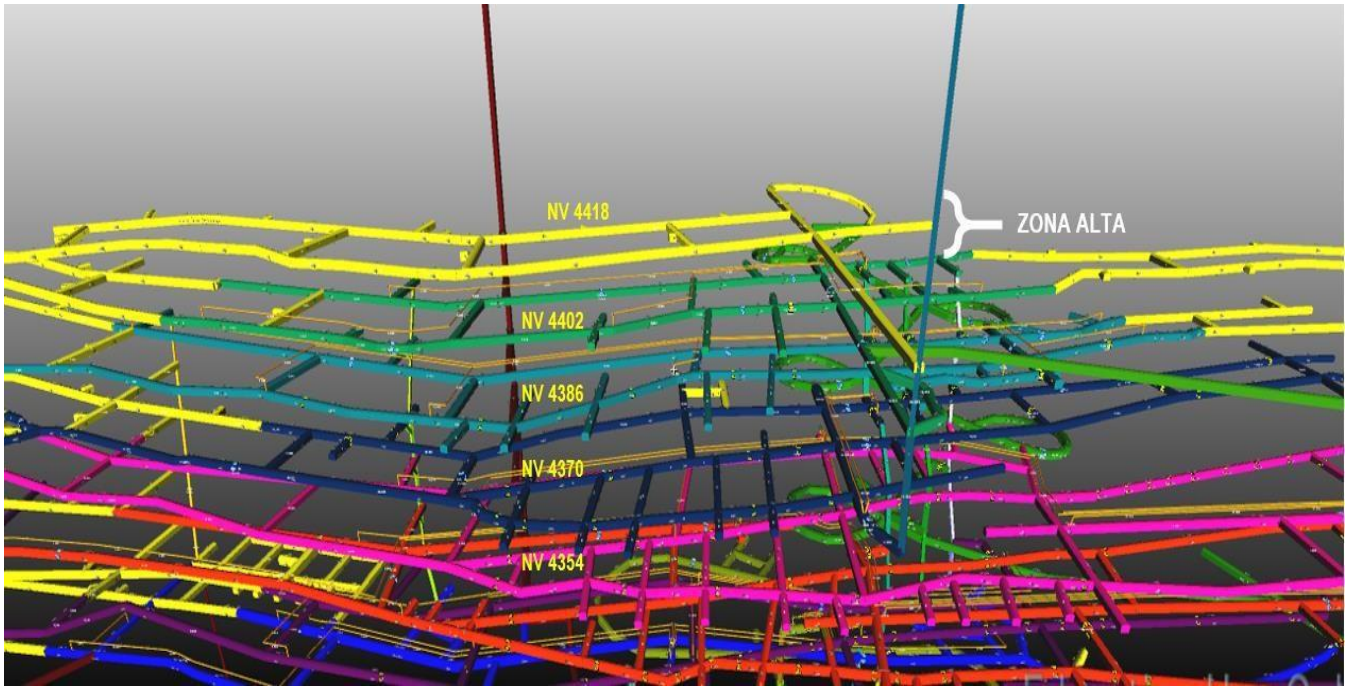
Fuente: Elaboración Propia - Simulación en Ventsim

c) “PABLO” zona alta

El nivel alto se planea a alcanzar en zona “Pablo” es Nivel 4418 (**ver**

Figura 16).

Figura 16

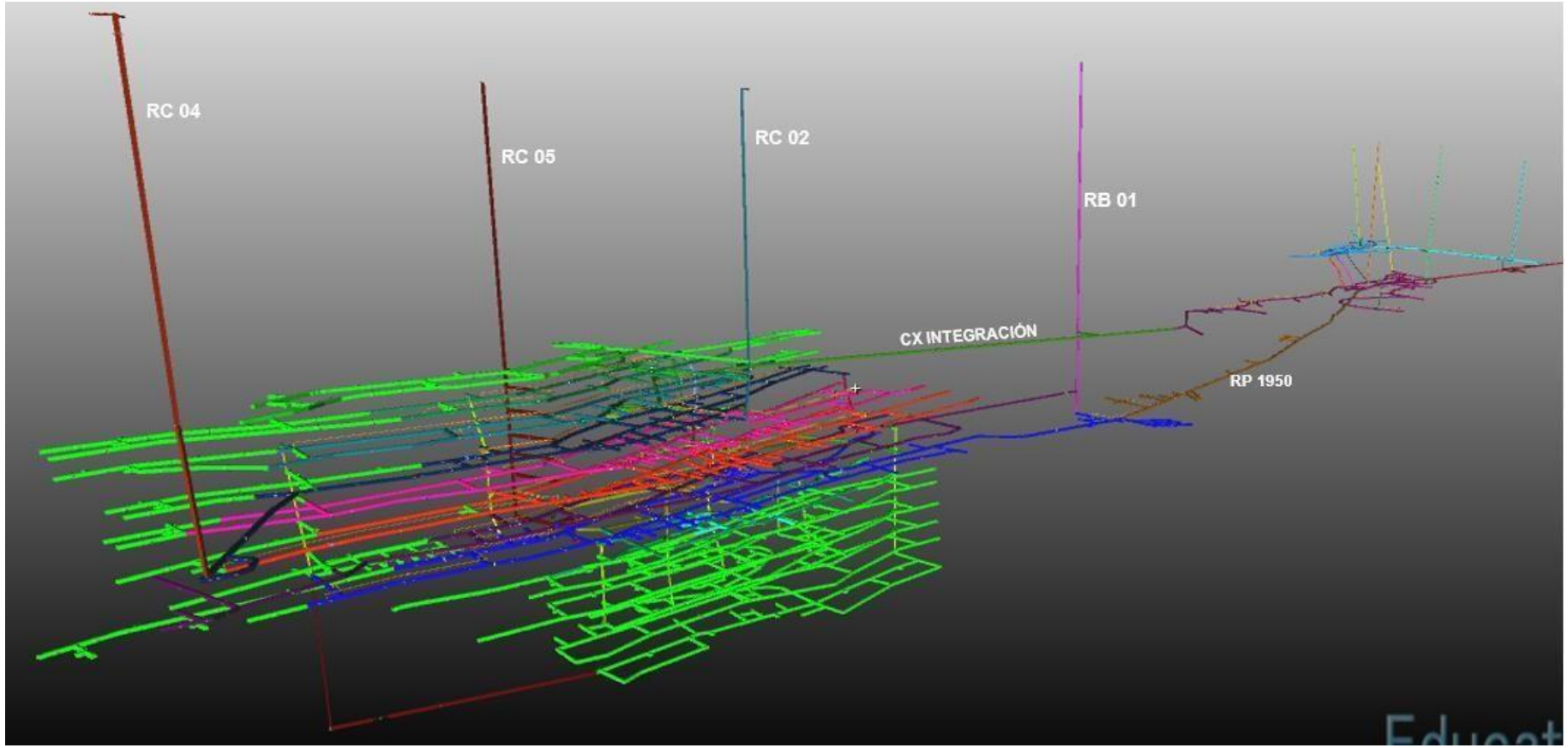


Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim.

3.12. DISEÑO DE NUEVOS EJES

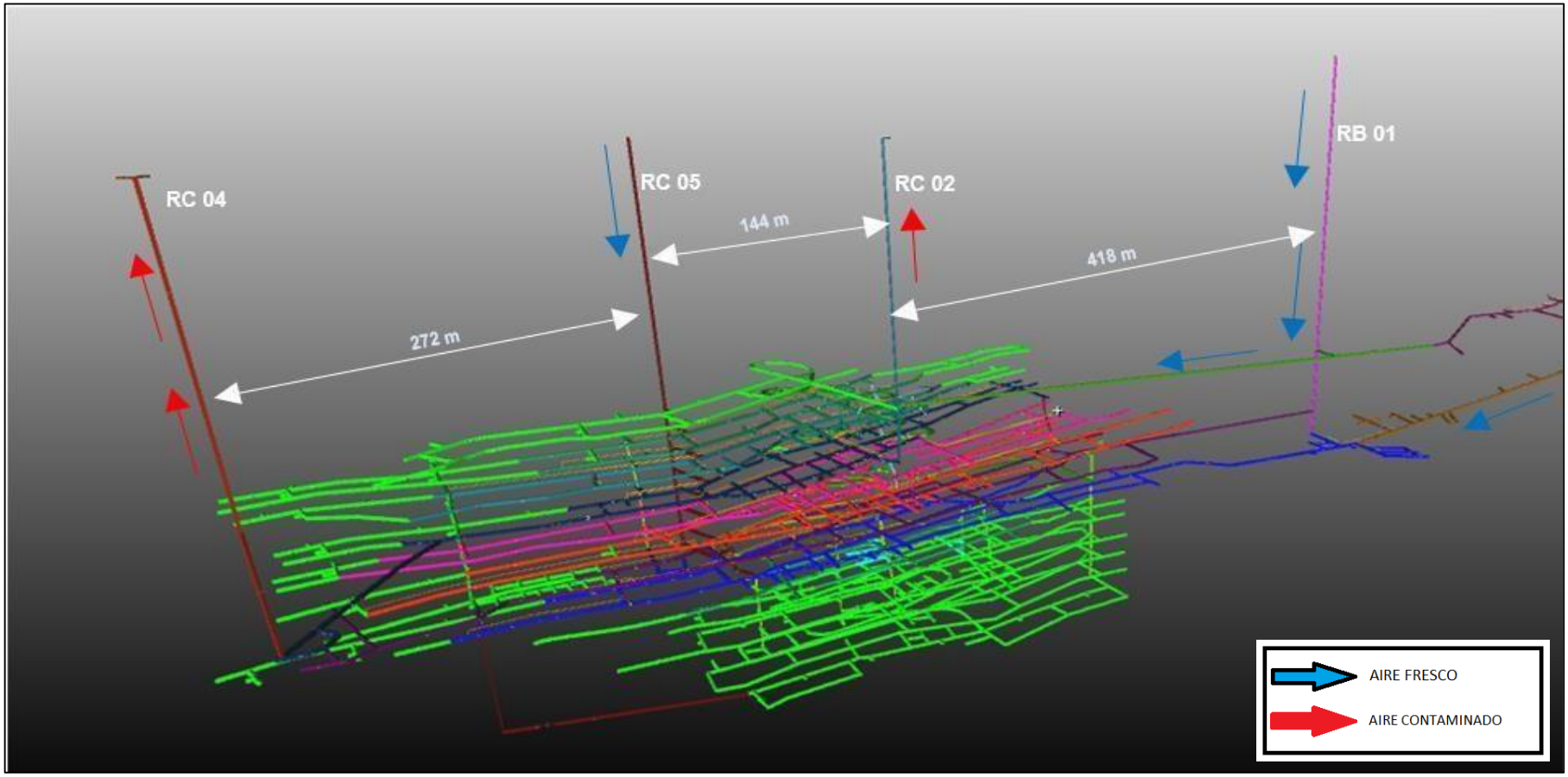
“RC 05 fue construido en el área de "Pablo" entre RC 04 y RC 02 para aire fresco desde el suelo. Será pieza de 3,0 x 3,0 m con longitud de 300 m y conectará de NV 4318 hasta la NV 4306 (**ver Figura 17**). Las longitudes entre los nuevos ejes de ventilación (**ver Figura** 18)”.

Figura 17



Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

Figura 18



Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

3.13. ALTERNATIVAS – DISEÑO DE EJE RC 04 Y RB 03

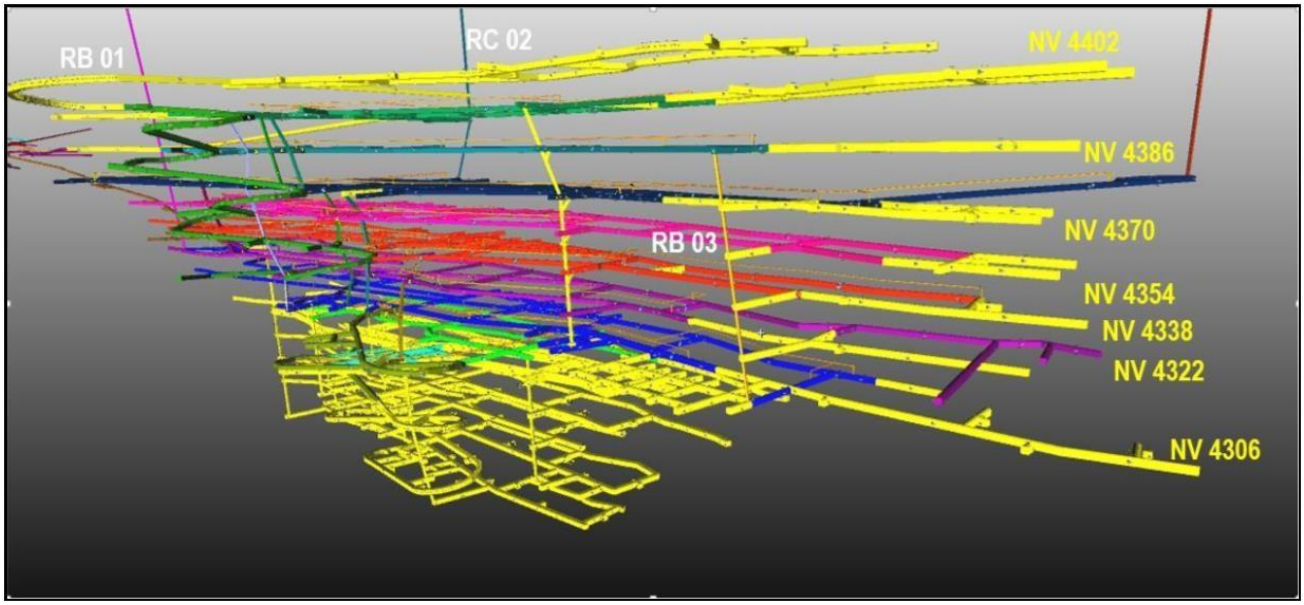
a) RB-03

Raise Boring de 1.8 m de diámetro que va a conectar desde el NV 4306 hasta el NV 4402, para dinamizar el circuito actual junto con el RC-04.

A noviembre del 2018, se tiene conectado el NV 4306 y el NV 4386; para el 2019 ya estarán completas las ventanas de conexión con los niveles 4370, 4354, 4338, 4322 y 4306 para completar el sistema.

A noviembre del 2018, se tiene conectado el NV 4306 y el NV 4386; para el 2019 ya estarán completas las ventanas de conexión con los niveles 4370, 4354, 4338, 4322 y 4306 para completar el sistema (**ver Figura 20**).

Figura 19

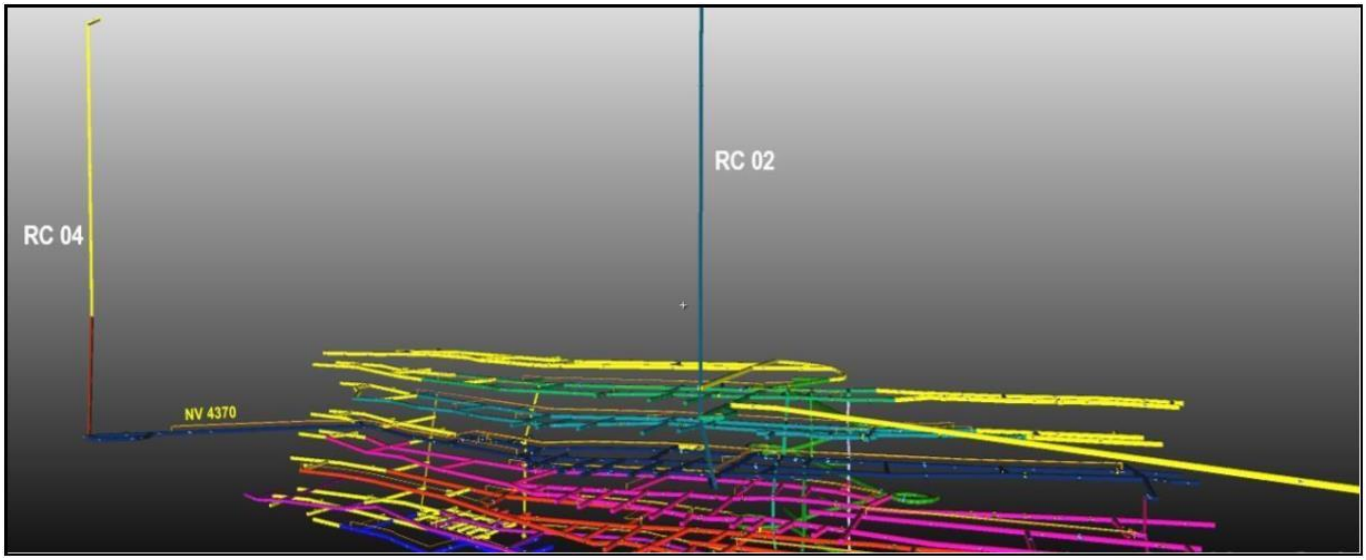


Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim.

b) RC-04

Raise Climber de sección cuadrada de 2.8 x 2.8 m, que en principio conectará el NV 4370 con la superficie, tendrá como finalidad la extracción del aire viciado. Deberá de comunicar a superficie en diciembre del 2018, a futuro se plantea conectar desde el NV 4322 para facilitar la extracción de aire viciado desde "Pablo" zona baja (**ver Figura 21**).

Figura 20

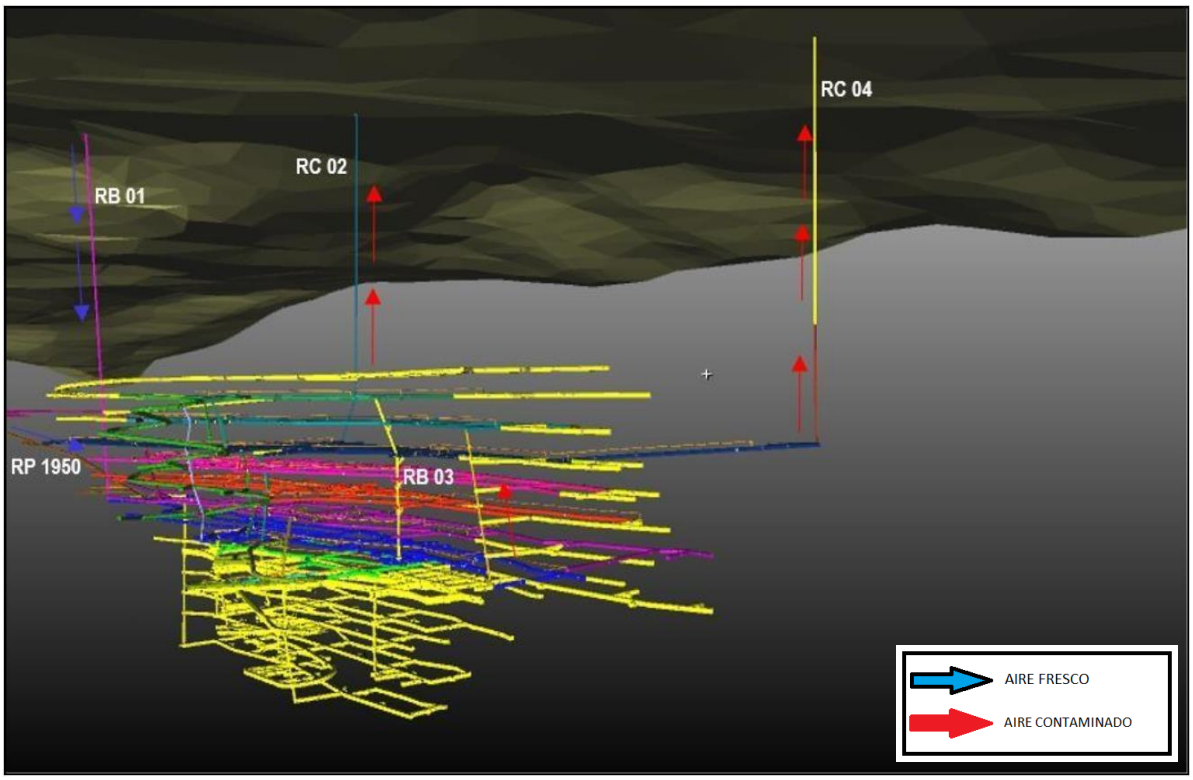


Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

c) Descripción

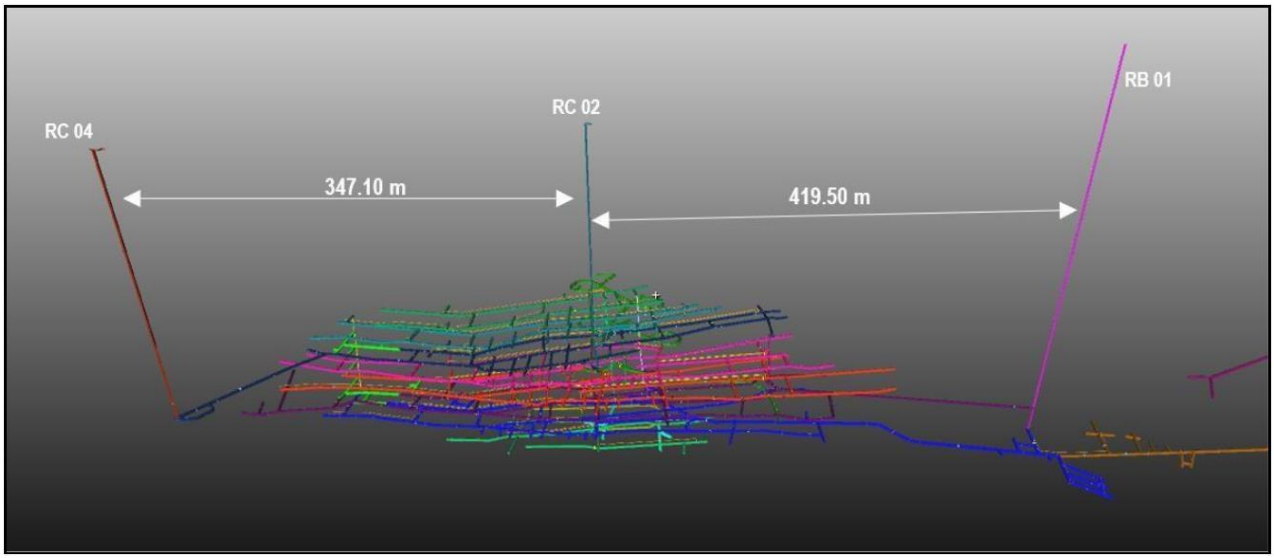
El nuevo eje de ventilación utilizando el RB 03 y RC 04 (**ver Figura 22 y 23**), servirá para extraer aire viciado de "Pablo" (zona alta y zona baja). En el RC 04 se plantea la instalación de (02) ventiladores de marca TOMOCORP en paralelo de 150 kcfm, los cuales fueron adquiridos por HOC – PLC previo al inicio del estudio. La simulación en el Ventsim se realiza con las curvas características entregadas por el área de Servicios Mina – U.O. Pallancata (**ver Figura 24**).

Figura 21



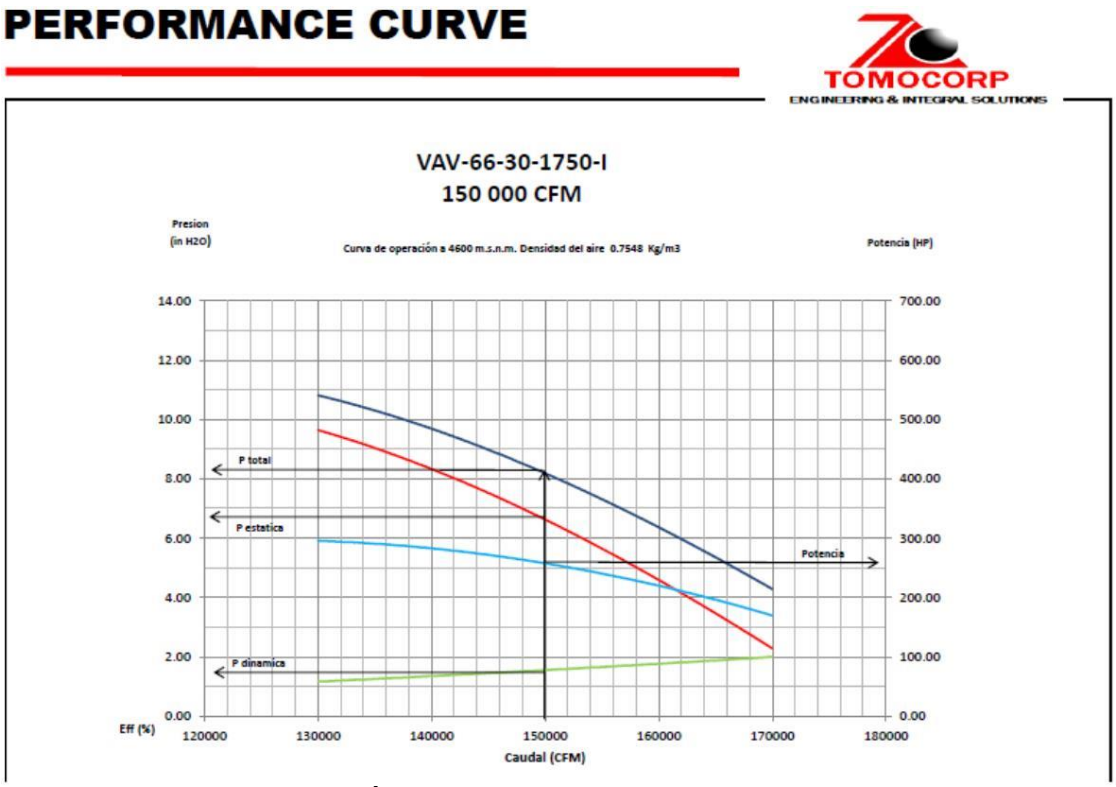
Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

Figura 22



Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

Figura 23



Fuente: Área de ventilación – Mina Pallancata.

3.13.1. ALTERNATIVA 01

Se simula instalando (02) ventiladores de marca TOMOCORP de 150 kcfm en la **cabeza del RC 04.**

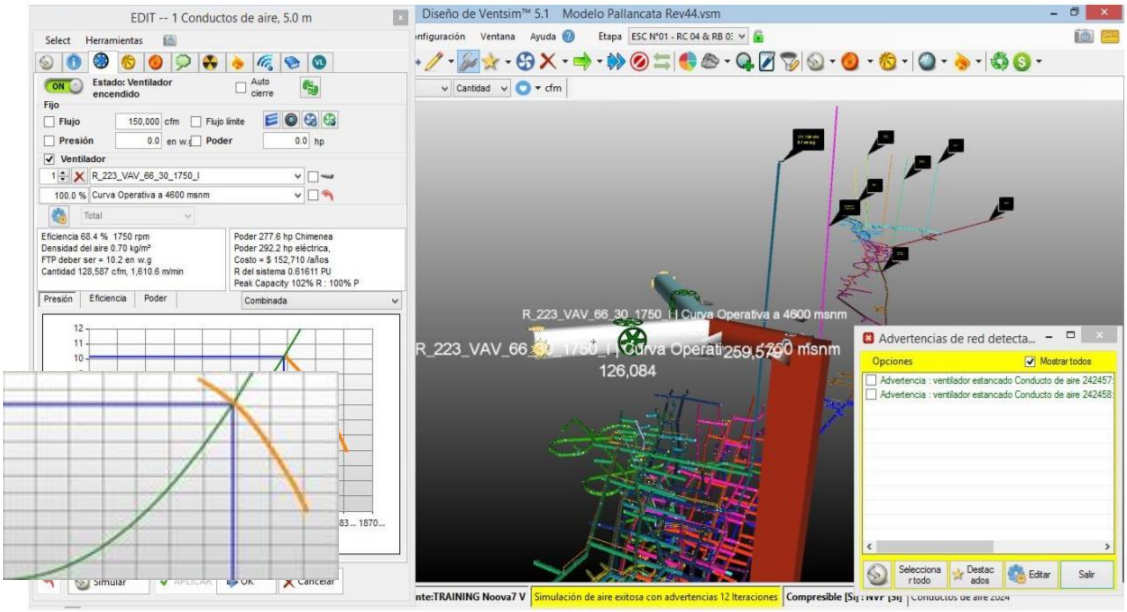
El ingreso de aire total a la zona "Pablo" en esta alternativa es de 416,522 cfm y se distribuye por el RB 01 (197,779 cfm) y por la RP 1950 (218,743 cfm) desde la zona "Yurika", es necesario retirar el ventilador instalado en el RB 05 de "Yurika" para que pase a ser inyector de aire fresco por tiro natural.

La salida de aire es por el RC 02 que posee un extractor de 150 kcfm en superficie (171,124 cfm), y por el RC 04 (259,585 cfm) con los 02 ventiladores de 150 kcfm instalados en paralelo en la superficie.

La cobertura para la zona "Pablo" sería de 87 %.

El problema en ésta alternativa es que los 02 ventiladores instalados en la cabeza del RC 04 se encuentran trabajando a una caída de presión de 10.2 “ C.A., lo cual sobrepasa las especificaciones del fabricante. Los ventiladores se encuentran “estancados” de acuerdo con la simulación realizada en Ventsim Design (**ver Figura 25**).

Figura 24



Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

a) Resumen de la red

Cuadro 37

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	1: ESC N°01 - RC 04 & RB 03 (Alt 01)
Todos los conductos de aire	3200
Actual etapa conductos	1969 y 55 Exclusión
Longitud total	30,799.8 m
Caudal de aire total de admisión	547,390 cfm
Caudal de aire total de escape	560,524 cfm
Flujo de masa total	184.87 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.02689 PU
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.04758 PU

Fuente: Simulación en Ventsim

b) Potencia instalada y costo de energía

Cuadro 38

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	1,275.1 hp Total
	290.0 hp Chimenea
	430.7 hp Conducir
	554.4 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	**2,488.8 hp**
Costo de energía anual de la red	**$ 1,300,634**
Eficiencia de la red	**51.2 %**

Fuente: Simulación en Ventsim

3.13.2. ALTERNATIVA 02

Se simula instalando los (02) ventiladores de marca TOMOCORP de 150 kcfm al pie del RC 04.

El ingreso de aire total a la zona "Pablo" en esta alternativa es de 495,521 cfm y se distribuye por el RB 01 (242,658 cfm) y por la RP 1950 (252,863 cfm) desde la zona "Yurika", también es necesario retirar el ventilador instalado en el RB 05 de "Yurika" para captar aire fresco desde la superficie.

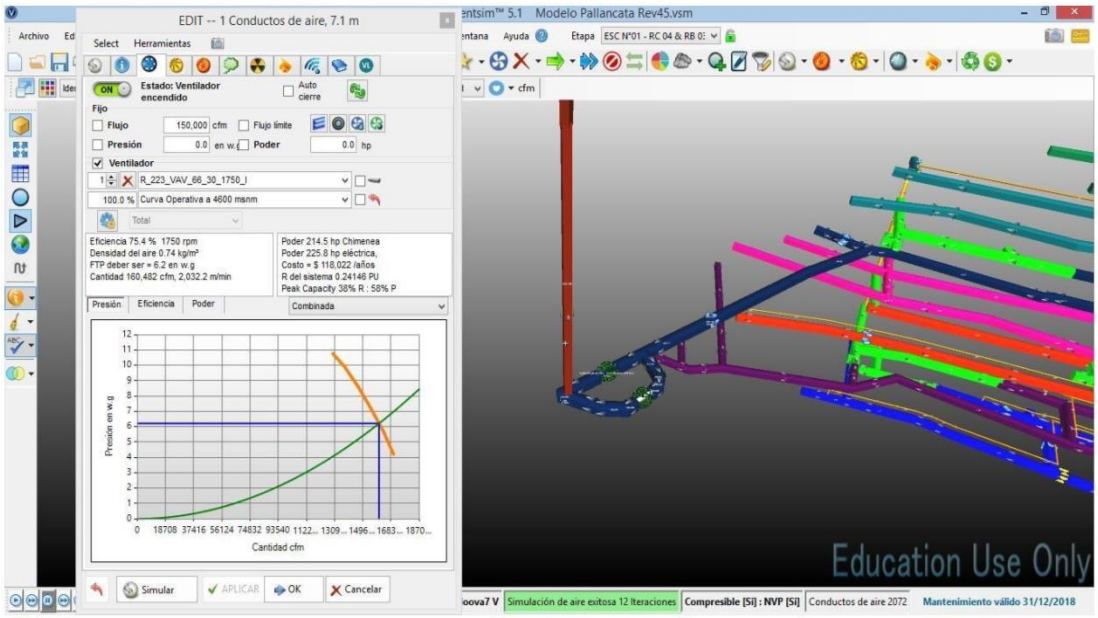
La salida de aire será por el RC 02 que posee instalado un extractor de 150 kcfm en superficie (169,211 cfm), y por el RC 04 (322,169 cfm) con los 02 ventiladores de 150 kcfm instalados en paralelo en el NV 4370.

La cobertura para la zona "Pablo" será de 104 %.

En el desarrollo de esta alternativa, los (02) ventiladores de 150 kcfm instalados al pie del RC 04 tienen una caída de presión de 6.2 "C.A. (dentro de las

especificaciones del fabricante) **ver Figura 26**.

Figura 25



Fuente: Elaboración propia - Simulación en Ventsim

a) Resumen de la red

Cuadro 39

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	2: ESC N°01 - RC 04 & RB 03 (Alt 02)
Todos los conductos de aire	3200
Actual etapa conductos	2017 y 55 Exclusión
Longitud total	31,457.9 m
Caudal de aire total de admisión	626,838 cfm
Caudal de aire total de escape	624,453 cfm
Flujo de masa total	211.46 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.01822 PU
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.03558 PU

Fuente: Simulación en Ventsim

b) Potencia instalada y costo de energía

Cuadro 40

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	1,374.7 hp Total
	385.6 hp Chimenea
	317.6 hp Conducir
	671.5 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	**2,510.9 hp**
Costo de energía anual de la red	**$ 1,312,181**
Eficiencia de la red	**54.7 %**

Fuente: Simulación en Ventsim

3.13.3. ALTERNTIVA 03

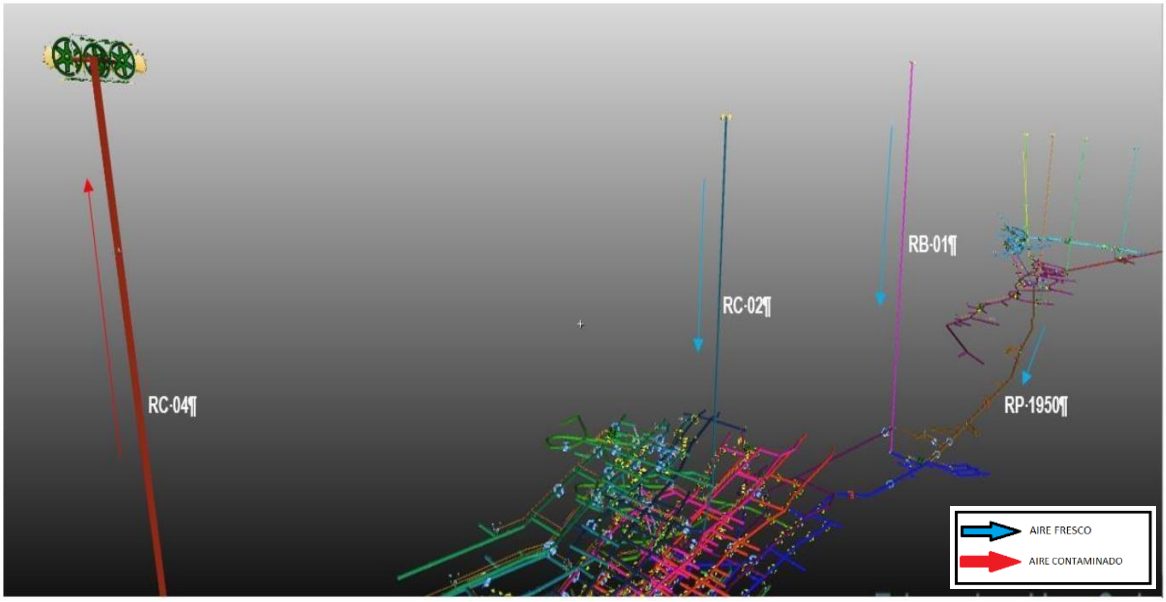
Se realiza simulación instalando los (02) ventiladores de marca TOMOCORP de 150 kcfm en la cabeza del RC 04 además de que se retira el ventilador de la cabeza del RC 02 que se convierte en ingreso de aire natural.

El ingreso de aire total a la zona "Pablo" en esta alternativa es de 262,664 cfm y se distribuye por el RB 01 (178,505 cfm), por la RP 1950 (34,562 cfm) desde la zona "Yurika", y por el RC 2 (49,597 cfm).

La salida será por RC 04 (270,994 cfm) con los 2 ventiladores de 150 kcfm instalados paralelamente en superficie. De acuerdo a la simulación en Ventsim, con esta distribución de las labores (**ver Figura 27**), ambos ventiladores trabajan con una caída de presión de 9.7" C.A.

En esta alternativa, la cobertura de aire en “Pablo” es de 55 %.

Figura 26



Fuente: elaboración propia - Simulación en Ventsim

a) Resumen de la red

Cuadro 41

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	3: ESC N°01 - RC 04 & RB 03 (Alt 03)
Todos los conductos de aire	3200
Actual etapa conductos	1968 y 55 Exclusión
Longitud total	30,793.8 m
Caudal de aire total de admisión	403,768 cfm
Caudal de aire total de escape	411,022 cfm
Flujo de masa total	136.40 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.05426 PU
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.10509 PU

Fuente: Simulación en Ventsim

b) Potencia instalada y costo de energía

Cuadro 42

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	1,120.2 hp Total
	233.0 hp Chimenea
	345.4 hp Conducir
	541.8 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	**2,184.4 hp**
Costo de energía anual de la red	**$ 1,141,570**
Eficiencia de la red	**51.3 %**

Fuente: Simulación en Ventsim

3.13.4. ALTERNATIVA 04

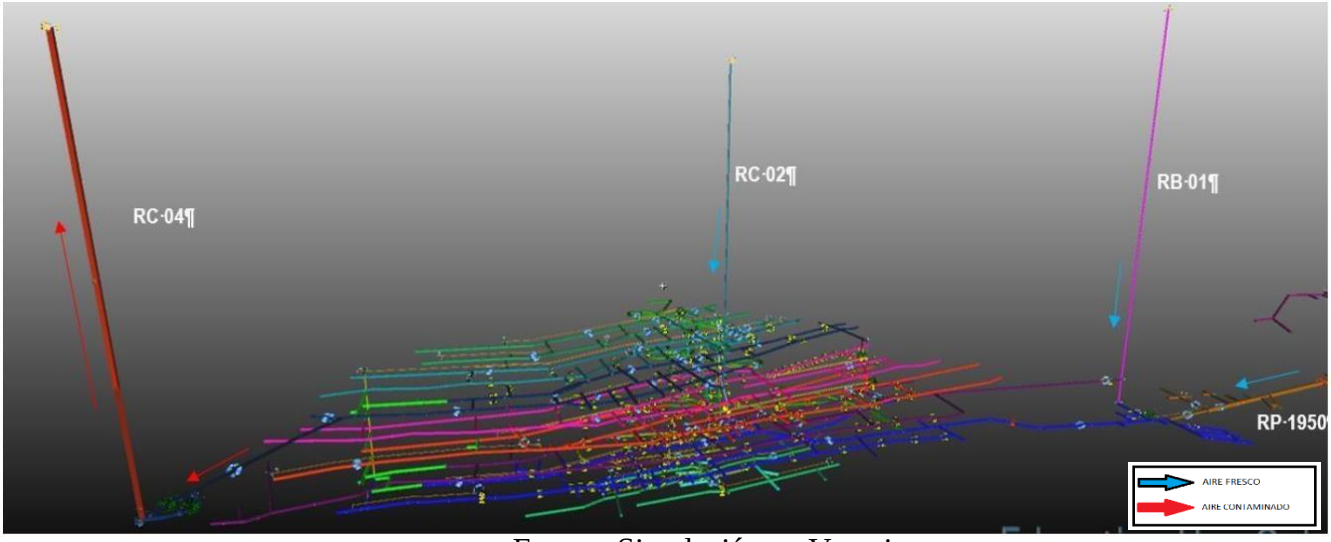
Se instala los (02) ventiladores TOMOCORP de 150 kcfm en el pie del RC 04 además de que se retira el ventilador de la cabeza del RC 02 que se convierte en ingreso de aire natural.

El ingreso de aire total a la zona "Pablo" en esta alternativa es de 341,094 cfm y se distribuye por el RB 01 (178,127 cfm), por la RP 1950 (81,452 cfm) desde la zona "Yurika", y por el RC 02 (81,515 cfm).

La salida de aire será por el RC 04 (334,959 cfm) con los 02 ventiladores de 150 kcfm colocados en similar en NV 4370. De acuerdo a la simulación en Ventsim, con esta distribución de las labores, ambos ventiladores trabajan con una caída de presión de 5.2" C.A (**Ver Figura 28**).

En esta alternativa, la cobertura de aire en "Pablo" es de 70 %.

Figura 27



Fuente: Simulación en Ventsim

a) Resumen de la red

Cuadro 43

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujos de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	4: ESC N°01 - RC 04 & RB 03 (Altn 04)
Todos los conductos de aire	3200
Actual etapa conductos	1900 y 55 Exclusión
Longitud total	30,066.3 m
Caudal de aire total de admisión	475,947 cfm
Caudal de aire total de escape	467,767 cfm
Flujo de masa total	160.69 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.02531 PU
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.05382 PU

Fuente: Simulación en Ventsim

b) Potencia instalada y costo de energía

Cuadro 44

RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	891.4 hp Total
	280.8 hp Chimenea
	138.3 hp Conducir
	472.3 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	**1,810.4 hp**
Costo de energía anual de la red	**$ 946,092**
Eficiencia de la red	**49.2 %**

Fuente: Simulación en Ventsim.

3.13.5. ALTERNATIVA 04

a) Alternativa 02

Se simula instalando los (02) ventiladores de marca TOMOCORP de 150 kcfm al pie del RC 04.

El ingreso de aire total a la zona "Pablo" en esta alternativa es de 495,521 cfm y se distribuye por el RB 01 (242,658 cfm) y por la RP 1950 (252,863 cfm) desde la zona "Yurika", también es necesario retirar el ventilador instalado en el RB 05 de "Yurika" para captar aire fresco desde la superficie.

La salida de aire será por el RC 02 que tiene instalado un extractor de 150 kcfm en superficie (169,211 cfm), y por el RC 04 (322,169 cfm) con los 02 ventiladores de 150 kcfm instalados en paralelo en el NV 4370.

La cobertura para la zona "Pablo" será de 104 %.

En el desarrollo de esta alternativa, los (02) ventiladores de 150 kcfm instalados al

pie del RC 04 tienen una caída de presión de 6.2 “C.A. (dentro de las especificaciones del fabricante).

El análisis presente se consideró las construcciones de RC 04 y RB 03 presentados para aumentar el sistema, continuación del RC 04 hasta niveles 4370 hasta 4306.

Las variables de esta alternativa están según la zona de ubicación de ventilación. Asimismo para obtener contar con los requerimientos del aire adquiriendo ventiladores de 150,000 cfm detallados en la presenta tabla. Se toma el costo considerado de inversión de US$ 1160,094.

Cuadro 45

ESCENARIO N°03 - DISEÑO DE NUEVOS EJES (ALTERNATIVA 02)																
Item	Descripción	Detalles	Cant.	Trabajo a desarrollar	Nivel	Zona	Tipo	Sección	Forma	Gradiente	u/m	long.	Incl	Área	P.U. (US$/	Total (US$)
1.2	**Plan de avance RC 04 / RB**	RC salida de aire	1	Prolongación RC 04	4306/4370	Pablo	Labor Vertical	3.0 x 3.0	Cuadrado	-	m m	68.4	90°	9.0	1.010.00	69.084
1.2.1	**03**	Cámara de acceso RC 04	1	Comunicar a RC 04	4306	Pablo	Labor	4.0 x 4.0	Baúl	0°	m m	135.5	-	15.0	1.024.80	138.860
1.2.2	RC 04	Cámara de acceso RB 03	1	Prolongación RB 03	4306/4200	Pablo	horizontal	Φ 1.8	Circular	-		103.6	90°	2.5	1.500.00	155.400
1.2.3	ACC RC 04 - NV 4306	Cámara de acceso RB 03	1	Comunicar a RB 03	4200	Pablo	Labor	4.0 x 4.0	Baúl	0°		145.7	-	15.0	1.024.80	149.313
Sub Total US$ PLAN DE AVANCES RC 04 / RB 03																**512.658**
1.3	**Instalación**	Instalación en VE 4306	1	Instalación de puerta	4306	Pablo	Resistencia	4.0 x 4.0	Baúl Baúl	-	m m	-	-	15.0	2.727	2.727
1.3.1	**Tapones/Puertas**	Instalación en VE 4306	1	Instalación de puerta	4306	Pablo	Resistencia	4.0 x 4.0	Baúl	-	m	-	-	15.0	2.727	2.727
1.3.2	Puerta metálica Puerta	Instalación en camara de acceso a RC	1	Instalación de puerta	4306	Pablo	Resistencia	4.0 x 4.0		-		-	-	15.0	2.727	2.727
Sub Total US$ INSTALACIÓN TAPONES/PUERTAS																**8.182**
1.4	**Ventiladores Propuestos**	Pie de RC 04	1	Ventilador extractor	4200	Pablo	Secundario								329.897	329.897
1.4.1			1	Ventilador extractor	-	PAblo	Auxiliares								309.357	309.357
Sub Total US$ VENTILADORES PROPUESTOS																**639.254**
																1160.094

Fuente: Elaboración propia

3.14. SIMULACION VENTSIM

"Ventsim realizó un análisis de optimización financiera para el diámetro del RB 04, con base en los costos de excavación y los costos de operación del ventilador, que son el costo promedio de excavación y el costo asumido del ventilador. Para el último costo, Ventsim ha construido en su base de datos una aproximación del costo total de cada ventilador de la unidad de potencia. (**Ver Cuadro 46**)".

Por esto, escogemos la tubería a optimizar (eje RB 04) y proporcionamos los siguientes datos al programa:

- Costo por unidad en Excavación.
- Costo fijo.
- Costo por unidad en energía.
- Tiempo del proyecto.
- Tasa de interés.

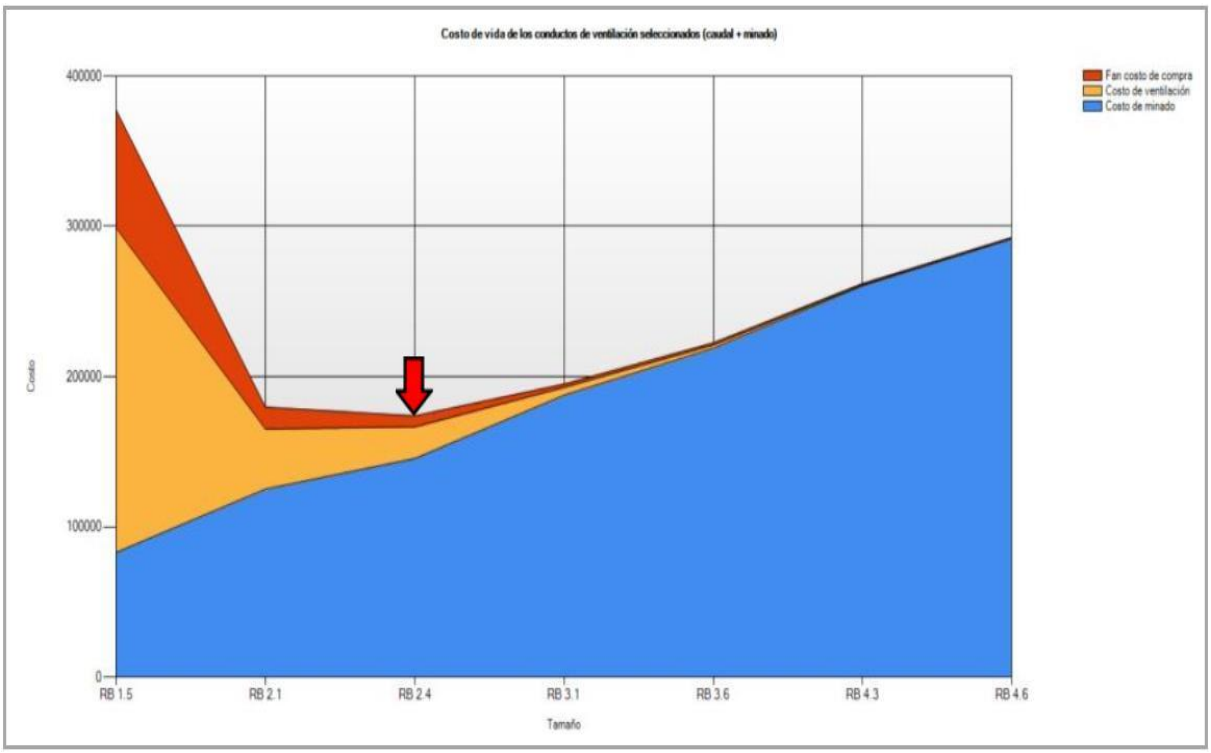
Cuadro 46

Ajustes de sistema	
Costos	
Minería	
[RESET]	No
CALCULATOR	No
Costo fijo por unidad de longitud Horizontal	**$ 909 / m**
Costo fijo por unidad de longitud Vertical Rectangular	**$ 1010 / m**
Costo fijo por unidad de longitud Vertical Redondo	**$ 1800 / m**
Costo Variable Conducto Horizontal	**$ 48 / m³**
Costo Variable Conducto Vertical Rectangular	**$ 175 / m³**
Costo Variable Conducto Vertical Redondo	**$ 199 / m³**
Moneda	$
Poder	
General	
Gráfica	
Simulación	
Videos	
Visualización / VentLog	

Fuente: Simulación en Ventsim.

Ya sean ingresados estos datos en el software, ejecutamos una simulación financiera que resultó en la **Gráfico 2**, que confirmó que diámetro óptimo de chimenea proyectada era 2,4 m.

Gráfico 3



Fuente: Simulación en Ventsim

CAPITULO IV.

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. SISTEMA DE VENTILACION A CORTO PLAZO

En los siguientes cuadros (**ver Cuadro 47 y Cuadro 48)**, se aprecia el resumen de las alternativas anual y mensual (corto plazo).

Cuadro 47

RESUMEN ESCENARIO 01	REQUERIMIENTO ACTUAL DE AIRE ZONA "PABLO" (cfm)	INGRESO DE AIRE (cfm)	SALIDA DE AIRE (cfm)	COBERTURA	UBICACIÓN 02 VENT. DE 150 KCFM	VIABILIDAD	POTENCIA INSTALADA (HP)	COSTO DE ENERGÍA ANUAL (US$)
ALTERNATIVA 01	478055	416522	430602	87%	CABEZA RC 04	NO VIABLE	2490	1301298
ALTERNATIVA 02	478055	495521	491380	104%	PIE RC 04	VIABLE	2511	1312181
ALTERNATIVA 03	478055	262664	270994	55%	CABEZA RC 04	NO VIABLE	2184	1141570
ALTERNATIVA 04	478055	341094	334959	70%	PIE RC 04	NO VIABLE	1810	946092

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 48

RESUMEN ESCENARIO 01	REQUERIMIENTO ACTUAL DE AIRE ZONA "PABLO" (cfm)	INGRESO DE AIRE (cfm)	SALIDA DE AIRE (cfm)	COBERTURA	UBICACIÓN 02 VENT. DE 150 KCFM	VIABILIDAD	POTENCIA INSTALADA (HP)	COSTO DE ENERGÍA MENSUAL (US$)
ALTERNATIVA 01	478055	416522	430602	87%	CABEZA RC 04	NO VIABLE	2490	108442
ALTERNATIVA 02	478055	495521	491380	104%	PIE RC 04	VIABLE	2511	109348
ALTERNATIVA 03	478055	262664	270994	55%	CABEZA RC 04	NO VIABLE	2184	95131
ALTERNATIVA 04	478055	341094	334959	70%	PIE RC 04	NO VIABLE	1810	78841

Fuente: Elaboración propia

4.2.ANALISIS ECONOMICO – (TRADE OFF)

4.2.1. COSTO DE VENTILACION

Aspecto relevante es establecer el costo de ventilación, **resultando que el consumo de energía de la Alternativa 02** es de 2.35 US$/TMS (**ver Cuadro 49**).

Cuadro 49

Item	Descripción	U/M	Actual	ESCENARIO N°02 - DISEÑO DE NUEVOS EJES		
				Alternativa 02		
			ene-19	1er año	2do año	3er año
1	Producción de mineral	TM/año	907,920	907.92	907.92	907.92
2	Costo de Capital - CAPEX	US$/Año		386.70	386.70	386.70
3	Costo Unitario CAPEX	US$/TMS		2.35	2.35	2.35
4	Costo de Capital - OPEX	US$/Año	828,942	437.24	437.24	437.24
5	Costo Unitario OPEX	US$/TMS	3.55	2.08	2.08	2.08
6	**Total (CAPEX + OPEX)**	**US$/Año**	**828,942**	**823.94**	**823.94**	**823.94**
7	**COSTO DE VENTILACIÓN**	**US$/TMS**	**3.55**	**4.42**	**4.42**	**4.42**

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 50

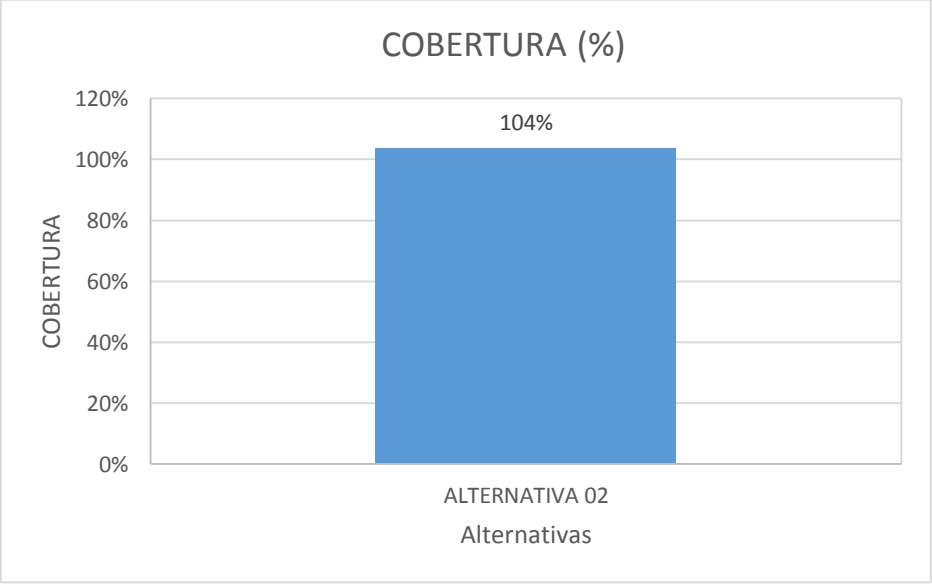
Descripción	U/M	Alternativa 02 mensual
Producción de mineral	TM/MES	75.66
Costo de Capital - CAPEX	US$/MES	32.22
Costo Unitario CAPEX	US$/TMS	0.20
Costo de Capital - OPEX	US$/MES	36.44
Costo Unitario OPEX	US$/TMS	0.17
Total (CAPEX + OPEX)	**US$/MES**	68.66
COSTO DE VENTILACIÓN	**US$/TMS**	0.37

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. COBERTURA (%)

En COBERTURA para el estudio se consiguió como resultado positivo Alternativa 02 con COBERTURA de 104%. **(ver cuadro 51)**

Cuadro 51

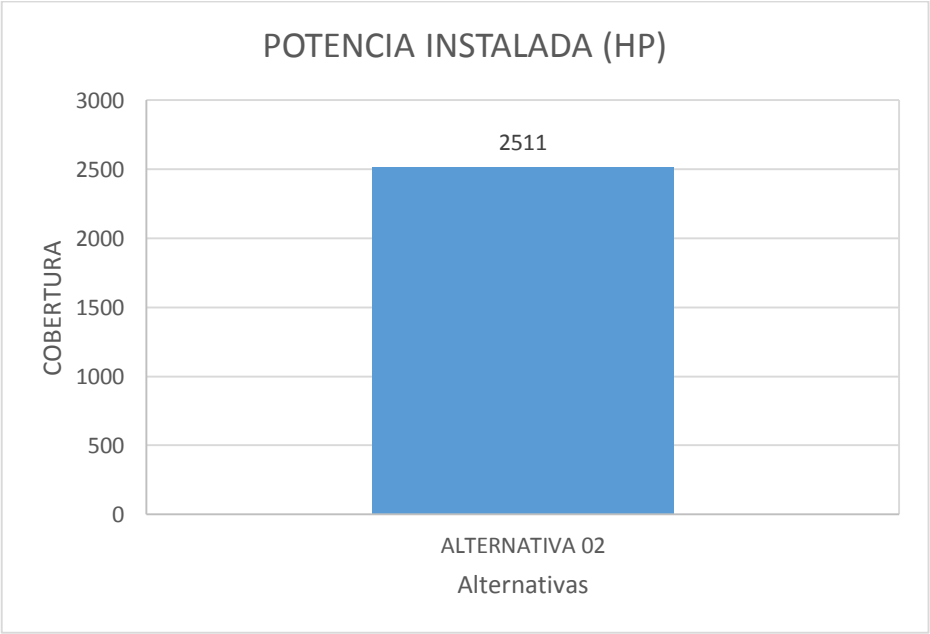


Fuente: Simulación en Ventsim

4.2.3. POTENCIA INSTALADA

La POTENCIA INSTALADA para este estudio se consiguió como resultado positivo Alternativa 02 con POTENCIA INSTALADA de 2511 HP. **(ver figura 52)**

Cuadro 52

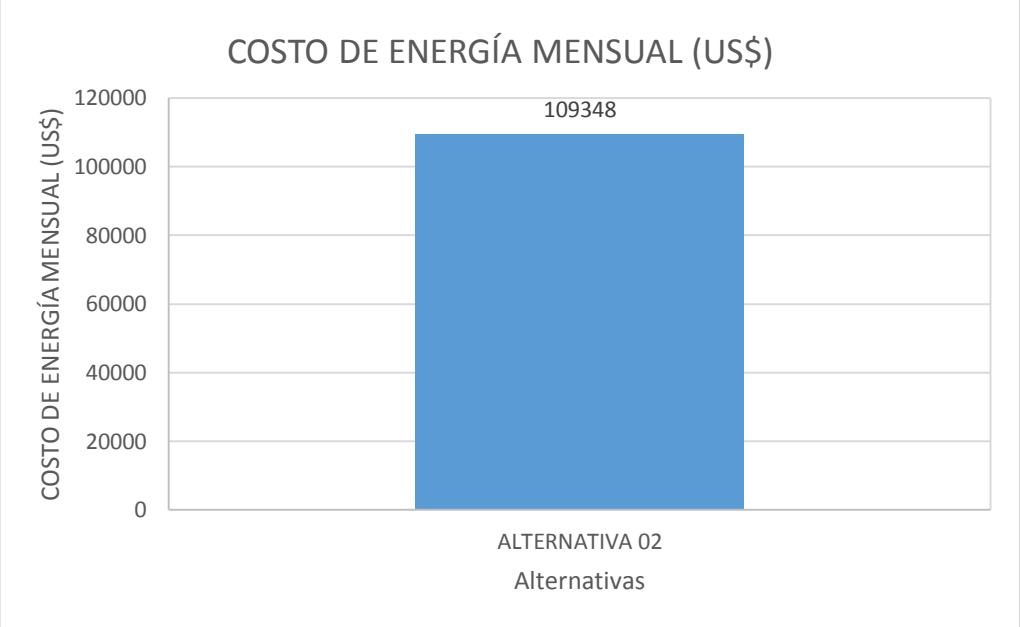


Fuente: Simulación en Ventsim

4.2.4. COSTO DE ENERGÍA MENSUAL (US$)

El **COSTO DE ENERGÍA MENSUAL** en el actual estudio se obtiene como excelente la Alternativa 02 con un **COSTO DE ENERGÍA MENSUAL** de US$ 109,348 por ventilación principal y secundaria. **(Ver cuadro 53)**

Cuadro 53



Fuente: Simulación en Ventsim

4.3 RESUMEN GENERAL Y SUS ALTERNATIVAS

Por tanto, se establece la solución excelente para instalar ventiladores es la Alternativa 02, de acuerdo que se obtiene la cobertura de 104%, con un caudal de recepción de 495,521cfm y caudal de escape 491,380 cfm, estando requerimiento de aire de 478,055cfm. **(Ver cuadro 54)**

Cuadro 54

RESUMEN ESCENARIO 01	REQUERIMIENTO ACTUAL DE AIRE ZONA "PABLO" (cfm)	INGRESO DE AIRE (cfm)	SALIDA DE AIRE (cfm)	COBERTURA	UBICACION 02 VENT. DE 150 KCFM	VIABILIDAD	POTENCIA INSTALADA (HP)	COSTO DE ENERGÍA MENSUAL (US$)
ALTERNATIVA 01	478055	416522	430602	87%	CABEZA RC 04	NO VIABLE	2490	108442
ALTERNATIVA 02	478055	495521	491380	104%	PIE RC 04	VIABLE	2511	109348
ALTERNATIVA 03	478055	262664	270994	55%	CABEZA RC 04	NO VIABLE	2184	95131
ALTERNATIVA 04	478055	341094	334959	70%	PIE RC 04	NO VIABLE	1810	78841

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Las deficiencias del sistema se determinan de acuerdo a requerimientos de ventilación de las regiones de Pablo y Yurika y la cantidad de aire limpio obtenido a través del sistema de ventilación. En la zona “Pablo” requiere 421,208 cfm respecto al canal de aire y tiene una cobertura del 56%.
2. Para el diseño del sistema de ventilación proyectado, es necesario tomar en cuenta la LOM de la Unidad Operativa Pallancata, que para el 2019 deberá contar con 14 pisos en la zona “Pablo”. Para cumplir con este requisito, se examinaron 4 alternativas de ventilación con un requisito de aire de 478,055 cfm. El recurso para optimizar la instalación de un ventilador de 150 000 cfm es la Alternativa 02, ya que logra una cobertura del 104 %, un flujo de entrada de 478 055 cfm, un flujo de escape de 495 521 cfm, costos de energía mensuales de $109 348 y costos operativos mensuales de $104 530.
3. De acuerdo a instalación de 2 ventiladores 150,000 cfm, se realizaron 4 alternativas de ventilación para lograr el avance de Zona Pablo en profundización (Nv. 4280 a Nv. 4200). Una alternativa de menor costo sería la RC 04 2 con (02) ventilador marca TOMOCORP de 150 kcfm bajo los pies.

RECOMENDACIONES

1. Comisión permanente para mapear nuevas opciones de ventilación a medida que avancen las modificaciones o fusiones de nuevos desarrollos. Esto siempre permitirá el uso de alternativas de ventilación óptimas que modificarán en términos de inversión y cumplir requisitos en flujo de aire.
2. Se exhorta al monitoreo habitual de los trabajos en minas, calibración y mantenimiento, comprobando las velocidades del aire.
3. Conservar bien actualizado los modelos en Ventsim™ Design 5.1, versión actualizada a para lograr resultados proyectados y evitar acontecimientos fortuitos.
4. Realizar un estudio económico para caracterizar las opciones de ventilación mostradas por área en relación con la proyectada para determinar de manera consistente la mejor alternativa de ventilación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Carabajo Naula Carla Sofía. (2015). *Diseño del Circuito de ventilación de la zona norte de la mina cabo de hornos, ubicada en el distrito Aurífero - Polimetálico Portovelo - Zaruma.* Universidad Central De Ecuador.
2. Castillo Arang D. (2017). *Evaluación del sistema de ventilación de la mina El Roble*. Universidad Tecnológica Y Pedagógica De Colombia.
3. Centromin – Perú. (1970).*Ventilación de minas* (1ed.) Junin-Peru
4. Fernández Felgueroso, José Manuel; Luque Cabal, Vicente. (1975) *Lecciones de ventilación de minas*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.
5. Gutiérrez Aravena. (2010). *Recirculación controlada en minería subterránea*. Universidad De Chile
6. Hartman, H.L., Mutmansky, J.M., and Wang, Y.J. (1982). *Mine ventilation and air conditioning.* s.l.: John Wiley & Sons, INC.
7. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos.(2006). *Metodología de la investigación*. Cuarta edición McGraw Hill México
8. López Jimeno. (1997). *Manual de túneles y obras subterráneas*. (1ed.) - Madrid
9. Malcolm J. McPherson, (2003) , *Subsurface ventilation enginnering* (1ed.) springer-netherlands
10. Pablo Jiménez Ascanio (2012). *Ventilación de minas subterráneas y túneles.* (1ed.) Lima- Perú.
11. Portilla Salazar R. (2018). *Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica*. Pontificia Universidad Católica Del Perú

ANEXOS

Anexo 01

ANEXO Nº 15 DEL REGLAMENTO 023

LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS*

TIPOS DE LIMITES

TWA: Media Moderada en el Tiempo (*Time Weighted Average*). Para comparar con el promedio ponderado en el tiempo de exposición a concentraciones individuales durante toda la jornada de trabajo. Los límites TWA para 8 horas necesitan corrección al ser aplicados a jornadas de trabajo diferentes.

STEL: Exposicion de Corta Duración: *Short Time Exposure Level*. Limita las exposiciones a corto tiempo, normalmente 15 minutos. Limite a comparar con la exposición promedio ponderada en el tiempo acumulada durante 15 minutos continuos. La exposición a concentraciones mayores no debe superar los 15 minutos y puede ocurrir un máximo de 4 veces por jornada con descansos de 1 hora mínimo entre exposiciones.

C: *Ceiling*. Nivel Techo de Exposición. Límite que en ningún momento deberá ser sobrepasado.

Nº	Agentes Químicos (en el aire)	Límites de Exposición Ocupacional					
		TWA		STEL		Techo (C)	
1	Acetona	500	ppm	750	ppm		
2	Acido Acético	10	ppm	15	ppm		
3	Acido Clorhídrico					2	ppm
4	Acido Nitrico	2	ppm	4	ppm		
5	Acido Sulfhídrico (H2S)	10	ppm	15	ppm		
6	Amoníaco Anhidro	25	ppm	35	ppm		
7	Anhídrido Sulfuroso (SO2)	2	ppm	5	ppm		
8	Antimonio	0.5	mg/m^3				
9	Arseniato de Plomo	0.15	mg/m^3				
10	Arseniato de Calcio	1	mg/m^3				
11	Arsénico (can)	0.01	mg/m^3 A1				
12	Benceno (can)	0.5	ppm **(p)**				
13	Cianuro (Como CN)					5	mg/m3 **(p)**
14	Cianuro de Hidrogeno (HCN)					4.7	ppm**(p)**
15	Cloro	0.5	ppm	1	ppm		
16	Clorobenceno	10	ppm	20	ppm		
17	Cloroformo	10	ppm				
18	Cobre (humo)	0.2	mg/m^3				
19	Cobre (polvo/neblina)	1	mg/m^3				
20	Dióxido de Carbono	5000	ppm	30000	ppm		
21	Dióxido de Nitrógeno	3	ppm	5	ppm		
22	Éter Etílico	400	ppm	500	ppm		
23	Fluoruro de Hidrogeno (HF)					2.5	mg/m^3

Anexo 02

ANEXO 38

CÁLCULO DE REQUERIMIENTO DE AIRE

1. **REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL (Q_{To}).**-Cuando en la operación se utilice equipos con motor petrolero:

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

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

Donde:

Q_{To} = Caudal total para la operación

Q_{T1} = La sumatoria de caudal requerido por: a) el número de trabajadores (Q_{Tr}), b) el consumo de madera (Q_{Ma}), c) temperatura en labores de trabajo (Q_{Te}) y d) equipos con motor petrolero (Q_{Eq})

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

A estos efectos, previamente debe determinarse lo siguiente:

a) Caudal requerido por el número de trabajadores (Q_{Tr})

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

Donde:

Q_{Tr} = Caudal total para "n" trabajadores (m^3/min);

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a escala establecida en el artículo 247 del reglamento;

N = Número de trabajadores de la guardia más numerosa.

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

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

Donde:

Q_{Ma} = Caudal requerido por toneladas de producción (m^3/min)

u = Factor de producción, de acuerdo a escala establecida en el segundo párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento;

T = Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

FACTOR DE PRODUCCIÓN DE ACUERDO AL CONSUMO DE MADERA

CONSUMO DE MADERA (%)	FACTOR DE PRODUCCIÓN (m^3/min)
< 20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 70	1.25

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

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

Donde:

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

V_m = Velocidad mínima;

A = Área de la labor promedio;

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

VELOCIDAD MÍNIMA

TEMPERATURA SECA (°C)	VELOCIDAD MÍNIMA (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

d) Caudal requerido por equipo con motor Petrolero (Q_{Eq})

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

Donde:

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

HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs);

D_m = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%);

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

e) Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})

$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1}$ (m^3/min)

Donde:

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

2. **REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL (Q_{To}).-** Cuando en la operación no se utilicen equipos con motor petrolero:

Debe calcularse el caudal total para la operación conforme la fórmula que se detalla a continuación y luego compararla con el caudal por el consumo de explosivos. Luego de obtener cada uno de los valores se determina como Requerimiento de Aire Total el de mayor valor.

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

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

Donde:

Q_{To} = Caudal total para la operación

Q_{T1} = La sumatoria de caudal requerido por: a) el número de trabajadores (Q_{Tr}), b) el consumo de madera (Q_{Ma}) y c) temperatura en labores de trabajo (Q_{Te})

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

A estos efectos, previamente debe determinarse lo siguiente:

a) Caudal requerido por el número de trabajadores (Q_{Tr})

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

Donde:
Q_{Tr} = Caudal total para "n" trabajadores (m^3/min);
F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a escala establecida en el artículo 247 del reglamento;
N = Número de trabajadores de la guardia más numerosa.

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

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

Donde:
Q_{Ma} = Caudal requerido por toneladas de producción (m^3/min)
u = Factor de producción, de acuerdo a escala establecida en el segundo párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento;
T = Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

FACTOR DE PRODUCCIÓN DE ACUERDO AL CONSUMO DE MADERA	
CONSUMO DE MADERA (%)	FACTOR DE PRODUCCIÓN (m^3/min)
< 20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 71	1.25

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

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

Donde:
Q_{Te} = Caudal por temperatura (m^3/min);
V_m = Velocidad mínima;
A = Área de la labor promedio;
N = Número de niveles con temperatura mayor a 23°C, de acuerdo a escala establecida en el tercer párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento.

VELOCIDAD MÍNIMA	
TEMPERATURA SECA (°C)	VELOCIDAD MÍNIMA (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

d) Caudal requerido por fugas (Q_{fu})

$$Q_{fu} = 15\% \times Q_{t1} \ (m^3/min)$$

Donde:
$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma}$

e) **Caudal requerido por consumo de explosivo (Q_{Ex})**

Cuando en la operación no se utilicen equipos con motor petrolero, debe calcularse y tenerse en cuenta la necesidad de aire requerido por consumo de explosivos, conforme lo siguiente:

Q_{Ex} = A x V x N (m^3/min)

Donde:

Q_{Ex} = Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m^3/min)

A = Área promedio de labores (m^2);

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

N = Número de niveles en voladura.

Anexo 03

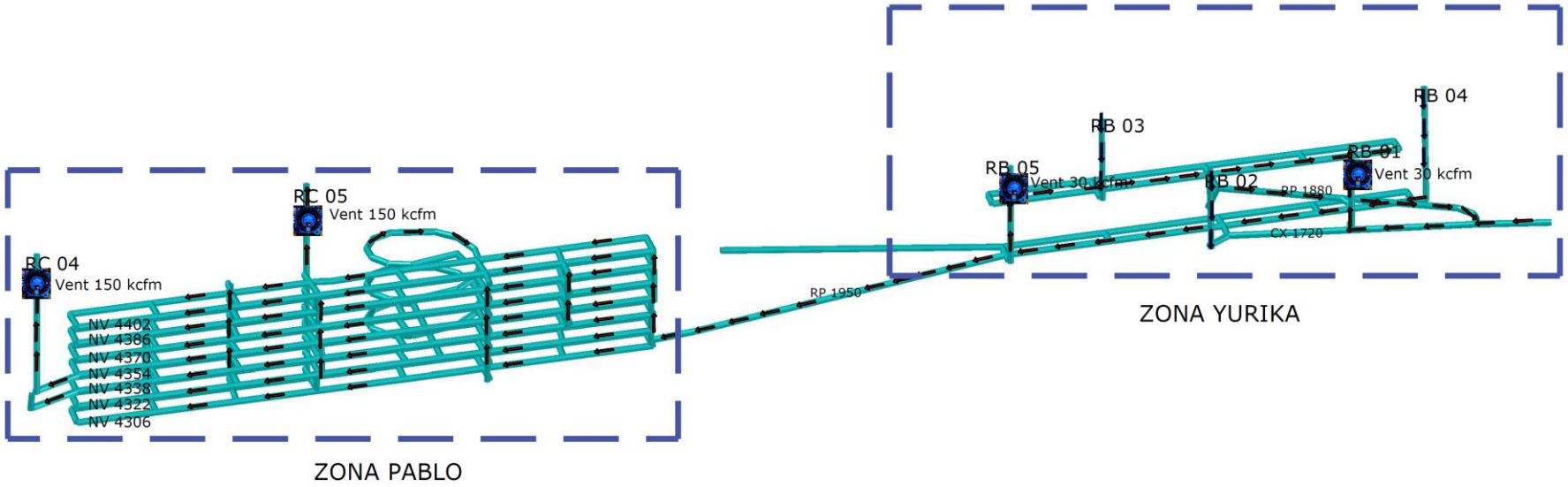
Anexo 04

Cuadro 8: Chimeneas que inyectan aire fresco en la zona "Pablo"

Chimeneas	Función
CH 4308	Inyección de aire fresco a los niveles en profundización desde el NV 4322
CH 4306	Ventilación
CH 4307 y CH 4310	Echaderos de mineral
CH 4312	Inyección de aire fresco a los niveles 4338, 4354 y 4370).

Cuadro 7: Chimeneas que extrae aire fresco en la zona Pablo.

Conducto	Ventilador	Dirección
RC 04	Zitron 150 kcfm	Superficie
RP 1950	No contiene ventilador	Yurica



Cuadro 10: Resumen de ingreso de aire Zona "Pablo"

Est.	UBICACIÓN			AREA	VELOCIDAD	CAUDAL	CAUDAL	DIST.
	Nivel	Labor	Detalle	m2	m/min	m3/min	cfm	(%)
EP- 01	4322	CX. 4323 NE	Pie de RB 01 Pablo	12	534	6408	226,299	96%
EP- 02	4306	CA RB-01	Manga de ventilación	0.66	429	283.14	9,999	4%
TOTAL						6,691	236,298	100%

Cuadro 11: Resumen de Salida de aire Zona "Pablo"

	UBICACIÓN			AREA	VELOCIDAD	CAUDAL	CAUDAL	DIST.
Estac.	Nivel	Labor	Detalle	m2	m/min	m3/min	cfm	(%)
EP-01	Superficie	RC 02	FAN 150 kcfm	2	2,537	5074	179,188	79%
EP-02	4306	RP 1950	sale del Taller y del Nv 430	1.9	73	1387	48,982	21%
TOTAL						6,461	228,170	100%

Cuadro 12: Diferencia Ingresos y Salidas de aire Zona "Pablo"

RESUMEN	CAUDAL (cfm)
TOTAL INGRESO	236,298
TOTAL SALIDA	228,170
DIFERENCIA	8,127
% DIFERENCIA	3%

LEYENDA

Ventilador

Aire Contaminado

Aire Freso

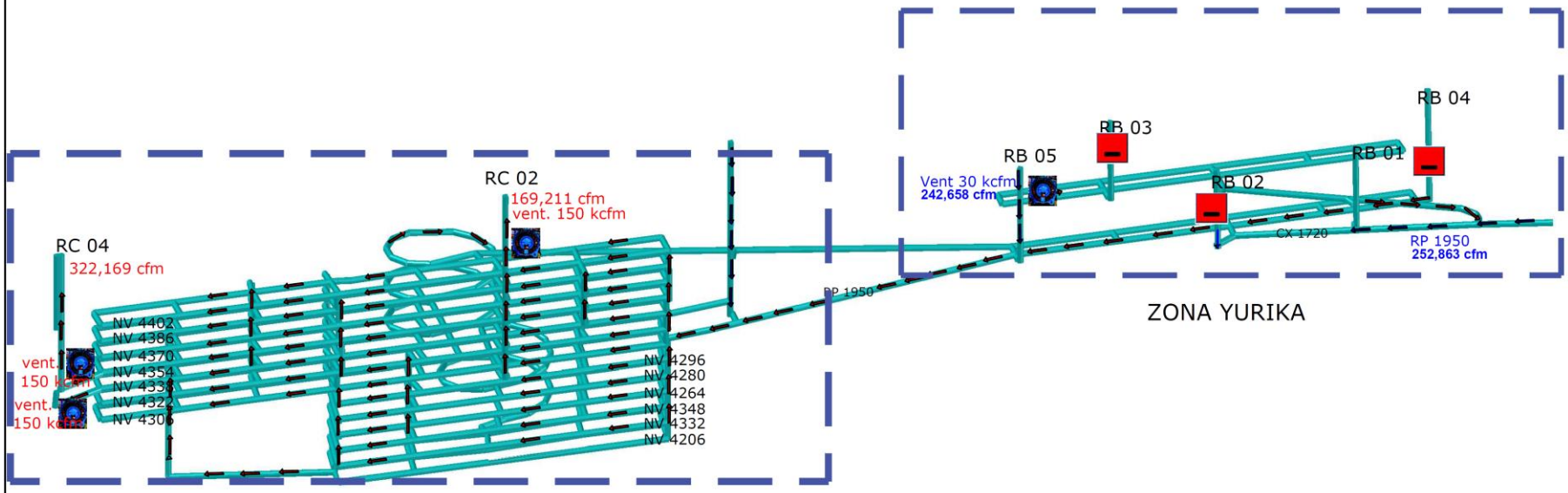
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Sistema de Ventilacion Inicial - Zonas Pablo y Yurika

Dibujado: Alber Loayza Huari

Agosto - 2021

Escala: Grafica



RESUMEN ESCENARIO 01	REQUERIMIENTO ACTUAL DE AIRE ZONA "PABLO" (cfm)	INGRESO DE AIRE (cfm)	SALIDA DE AIRE (cfm)	COBERTURA	UBICACIÓN 02 VENT. DE 150 KCFM	VIABILIDAD	POTENCIA INSTALADA (HP)	COSTO DE ENERGIA ANUAL (US$)
ALTERNATIVA 02	478,055	495,521	491,380	104%	PIE RC 04	VIABLE	2,511	1,312,181

LEYENDA

- Tapon
- Ventilador
- Aire Contaminado
- Aire Freso

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Sistema de Alternativa 2 - Zonas Pablo y Yurika

Dibujado: Alber Loayza Huari

Agosto - 2021

Escala: Grafica