



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
DE MINAS**

**Chimeneas Principales y su influencia en el Sistema de
Ventilación de la Unidad Minera Santander – Huaral**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Br. Moreno Avila, Cristhian Leonardo (ORCID: 0000-0003-3908-4232)

Br. Rodas Ortiz, Jorge Luis (ORCID: 0000-0001-5426-1917)

ASESORES:

Mg. Flores Arrasco, Janyna (ORCID:0000-0002-3017-4779)

Dr. Martell Espinoza, Beder Erasmo (ORCID:0000-0002-4169-9212)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Perforación y voladura de rocas

CHICLAYO - PERÚ

2021

Dedicatoria

A nuestro señor Dios, por la vida, por estar cada día a mi lado y nunca abandonarme en los momentos más difíciles.

A mis padres Silvia y Oscar, a mi hermano mayor Luis, por ayudarme y apoyarme cada día, a seguir luchando por mis metas y objetivos trazados en mi vida.

Cristhian Moreno

A mis padres Quintina y benigno por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para cumplir mis anhelos.

A mi esposa Fabiola e hijo Rodrigo por ser parte de mis motivos para cumplir cada propósito en la vida diaria y vencer a los problemas para convertirlos en solución.

Jorge Rodas

Agradecimiento

A Dios por todas las bendiciones, por guiarnos y estar siempre a nuestro lado, a seguir luchando por todas nuestras metas a pesar de estos tiempos difíciles que estamos pasando.

A nuestros padres por el apoyo incondicional de hacer cumplir nuestro anhelado sueño de ser profesional.

A la universidad Cesar Vallejo, por brindarnos los conocimientos para poder seguir adelante en cada etapa de nuestra vida.

A nuestra Asesora por su ayuda, paciencia y motivación en la elaboración de tesis, por su tiempo y ganas de colaborar en todo momento.

Los autores.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	45
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Factor de producción de acuerdo al consumo de madera	20
Tabla 2. Velocidad Mínima.....	20
Tabla 3. Requerimiento caudal de aire para el personal actual.	21
Tabla 4. Requerimiento caudal para personal proyectado	22
Tabla 5. Requerimiento caudal de aire para equipos petroleros – Actual.	23
Tabla 6. Requerimiento caudal de aire para equipos petroleros – Proyectado.	24
Tabla 7. Requerimiento por fugas – Actual	25
Tabla 8. Requerimiento por fugas – Proyectado.	25
Tabla 9. Requerimiento de aire actual.....	26
Tabla 10. Requerimiento de aire proyectado.....	26
Tabla 11. Aforo de ingresos de aire – actual.	27
Tabla 12. Aforo de salida de aire – actual.	27
Tabla 13. Balance actual.....	28
Tabla 14. Balance proyectado.....	29
Tabla 15. Determinación de la sección (diámetro) óptima del RB01	31
Tabla 16. Cronograma de actividades RB-01.....	34
Tabla 17. Cronograma de actividades RB-02.....	35
Tabla 18. Consumo de energía por ventilación principal.	37
Tabla 19. Consumo de energía por ventilación auxiliar.	37
Tabla 20. Características del ventilador para RB-01 MG. Centro	38
Tabla 21. Costo de energía por ventilación proyectado.....	42
Tabla 22. Costos del Opex actual y proyectado.	43
Tabla 23. Costo CAPEX por desarrollo de labores.....	44
Tabla 24. Costo CAPEX obras civiles y acondicionamiento de ventilador.	44
Tabla 25. Costo CAPEX por desarrollo de labores.....	44

Índice de figuras

Figura 1. Equipos utilizados.	14
Figura 2. Distribución de balance actual.....	28
Figura 3. Resumen del sistema proyectado.	29
Figura 4. Distribución de balance proyectado.	30
Figura 5. Distribución actual porcentual de velocidades de aire.	30
Figura 6. Análisis de velocidades de aire global.....	29
Figura 7. Elección de la sección (diámetro) óptima del RB01.....	31
Figura 8. Input para la simulación de la sección (diámetro) óptimo.	32
Figura 9. Selección del diámetro óptimo.	33
Figura 10. Desarrollo del eje de salida RB 01	34
Figura 11. Desarrollo del eje de salida RB 02	35
Figura 12. Análisis de velocidades	36
Figura 13. Curva característica del ventilador de 200 kcfm – MG Centro.....	38
Figura 14. Curva característica de 02 ventiladores de 120 kcfm en paralelo, MG Centro.....	39
Figura 15. Curva característica de 01 ventilador de 160 kcfm, MG Norte.....	40
Figura 16. Curva característica de 01 ventilador de 100 kcfm, MG Sur.....	41

Índice de Ecuación

Ecuación 1. Requerimiento de aire total (QTo).....	19
Ecuación 2. Ecuación QFu.....	19
Ecuación 3. Caudal requerido por el número de trabajadores	19
Ecuación 4. Caudal requerido por el consumo de madera (QMa)	20
Ecuación 5. Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe) ..	20
Ecuación 6. Caudal requerido por equipo con motor petrolero	21
Ecuación 7. Método algebraico.	30

RESUMEN

El actual trabajo de investigación tuvo como finalidad evaluar el sistema de ventilación según la influencia de las chimeneas principales que tiene la U.M Santander, proponiendo y dando alternativas viables para un adecuado sistema de ventilación, sujeto a las normas vigentes y los estándares exigidos, cuyo problema, de qué manera influyen las chimeneas principales en el sistema de ventilación de la U.M Santander – Huaral teniendo como población, las zonas Magistral Norte, Centro y sur, es por ello que para el desarrollo de información se utilizó métodos, técnicas de investigación y de campo junto a guías de observación, Finalmente, la presentación de los resultados que se obtuvieron fueron óptimos logrando una cobertura eficiente. lo que permitió cumplir con la hipótesis las chimeneas principales permiten el paso del flujo de aire en relación con el requerimiento de aire en el sistema de ventilación de la U.M Santander – Huaral. y concluir que la construcción de RB1 y RB2 Influyen de manera favorable en el sistema de ventilación permitiendo lograr una cobertura de aire del 108% con un caudal de ingreso de 673,749 cfm y un caudal de salida de 697,820 cfm y un superavid de 50,472 cfm.

Palabras clave: Chimeneas principales, sistema de ventilación, Influencia.

ABSTRACT

The current research work was aimed at evaluating the ventilation system according to the influence of the main chimneys that UM Santander has, proposing and giving viable alternatives for an adequate ventilation system, subject to current regulations and required standards, whose problem, in what way do the main chimneys influence the ventilation system of the UM Santander - Huaral having as population, the Magistral North, Center and South zones, that is why for the development of information methods, research techniques and techniques were used. field with observation guides. Finally, the presentation of the results obtained was optimal, achieving efficient coverage. which made it possible to comply with the hypothesis, the main chimneys allow the passage of air flow in relation to the air requirement in the ventilation system of the Santander - Huaral U.M. and conclude that the construction of RB1 and RB2 favorably influence the ventilation system allowing to achieve an air coverage of 108% with an intake flow of 673,749 cfm and an outlet flow of 697,820 cfm and a supevid of 50,472 cfm.

Keywords: Main chimneys, ventilation system, influence

I. INTRODUCCIÓN

La mina polimetálica Santander (zinc, plata y plomo) está ubicada en una cota de 4620 msnm en Huaral, de la empresa trevali, con método de explotación corte y relleno ascendente, empleando taladros largos, escala mediana minería. Se realizó proyecto de ventilación, para ello se hizo toma de datos en campo para evaluar cuál sería una óptima solución y aumentar equipos de 35 a 40 unidades y trabajadores de 89 a 100 por guardia, para eso tenemos que llegar a una cobertura de 108% así determinar que tenemos un superávit a favor.

La realidad problemática de la Mina Nechí en Antioquía se evidencia una acumulación de carbón debido a que se en puertas de madera, donde es probable que se acumule con frecuencia y donde hay mayor riesgo de suspensión de esta sustancia, la correcta distribución de aire a lo largo de la mina permite la evacuación de concentraciones elevadas de polvo de carbón que se acumulan en las partes superiores de los mecanismos de sostenimiento (Álvarez, 2015).

La ventilación de minas subterráneas cumple un rol fundamental dentro de las operaciones mineras, ya que gracias a esta disciplina se encausan grandes volúmenes de aire fresco en toda la mina, permitiendo que el ciclo de minado se desarrolle de manera productiva. Las actividades mineras en espacios subterráneos pueden generar suministro de calor al sistema de ventilación, lo que puede afectar los niveles de producción y la productividad (Bascompta et al., 2016)

Se hace el modelamiento en 3D, del sistema de ventilación; teniendo como meta, ubicar y definir los ejes de ingreso de aire fresco y la salida del aire viciado, aplicando herramientas computacionales, para este caso aplicando el software de patente Australiana el Ventsim Visual™ Avanzado, en la versión Avanzado 4.8, para el diseño y simulación de las labores principales, que nos permite visualizar en 3D las condiciones críticas del sistema actual (velocidad, caudal, recirculación de flujos, etc.), de modo que, se apruebe un Plan de Inversión razonable, para la construcción de chimeneas, la adquisición de los equipos necesarios en potencia y caudal.

En la problemática internacional – Colombia, Según Castillo, (2017), en su tesis titulada “balance del método de ventilación de la mina El Roble”, se registraron y examinaron los desperfectos y deficiencia de la ventilación en la mina, se realizó trabajos de campo, aforos y cálculos, también se utilizó el software VentSim para una propuesta de solución eficaz y simular el sistema (p.99).

Así mismo en la problemática nacional – Quispe, (2019). Para obtener su título “anteproyecto de pique 480 para la explotación de las labores en los niveles 1790 y 1740”. Para sondear la veta Esperanza, en los niveles 1790 y 1740 en la empresaminera Alpacay se planteó y se fabricó; preparación y labores de desarrollo como: niveles, cruceros, galería, subniveles, chimeneas, que van a servir para la explotación, por medio del método de corte y relleno ascendente, su ley es 14 gr. Au/TM y su potencia de veta tipo IIIA de 55 cm (p.3).

En cuanto a la problemática local –Cajamarca, Portilla, (2019), en su tesis titulada, “Estimación de la condición de aire para formular un sistema de ventilación en el socavón Distrito San Luis, Provincia San Pablo, Cajamarca”, las siguientes labores se desarrolló para una óptima seguridad para el trabajo, según el estudio se ha tenido en cuenta el caudal necesario es de 15 m³/min. Para una mejor ventilación de sistema de ventilación dentro de los estudios realizados en la mina se ha considerado en iniciar cámaras a la superficie puesto que la explotación se examina en avance (p.39).

La cual nos lleva a plantear la **formulación del problema** que viene hacer la siguiente pregunta; ¿De qué manera influyen las chimeneas principales en el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander - Huaral? Así mismo buscar una solución a nuestro planteamiento del problema mediante evaluación de las secciones óptimas de las chimeneas principales para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander – Huaral.

En la presente investigación la **justificación**, se realizará en la unidad minera Santander, con el propósito de presentar una mejora del sistema de ventilación,

en esta investigación por medio de la construcción de la chimenea se mejoró la calidad de aire y se disminuye los agentes químicos en el sistema integral de ventilación cuenta con una entrada de aire fresco de 431,145 cfm y una salida de 432,531 cfm con un requerimiento de 472,828 cfm, Es por ello gracias a la implementación de la chimenea se ha obtenido un circuito de extracción de aire viciado, que puede mejorar las condiciones existentes creadas por el desarrollo de actividades mineras, tales como el desarrollo de áreas de trabajo avanzado, explotación laboral y exploración.

De acuerdo a los estudios realizados, se sabe que por los trabajos que se realizan dentro de la labor minera ya sea por los equipos que consumen petróleo y de acuerdo al yacimiento que se va a explotar, se puede afirmar que hay desprendimiento de diferentes tipos de gas, de los cuales encontramos: gases tóxicos explosivos, esta da como resultado el estudio para poder reducir los ppm debajo del máximo límite permisible, también se tiene que considere la temperatura en la mina, porque el gradiente geotérmico promedio es de 1° a 33 metros en el suelo. Por lo tanto, la ventilación en una mina subterránea es un requisito valioso para reducir la presencia de gases y mejorar así el medio ambiente en la mina.

De acuerdo a lo anterior se ha tenido en cuenta, como **objetivo general** Determinar si las chimeneas principales influyen en el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander – Huaral, es por eso que se tiene como **objetivo específico** lo siguiente: Calcular el caudal de aire actual y proyectado en los magistrales norte, centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander; Determinar la sección optima de las chimeneas en los magistrales centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander; Describir las características técnicas de los ventiladores para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, Se ha tenido en cuenta que la **hipótesis**, Las chimeneas principales permiten el paso del flujo de aire en relación con el requerimiento de aire para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander.

II. MARCO TEÓRICO

Para la tesis se realizó el siguiente marco teórico, para lo cual se tomaron en cuenta antecedentes a nivel internacional, nacional, y local.

A nivel internacional Según Castillo, Colombia (2017), “Balance del sistema de ventilación en la mina el Roble”, para optar el título profesional de Ingeniero de Minas tiene como objetivo Conocer las posibles dificultades de la ventilación en la operación minera (p.14), la cual nos lleva a cumplir la finalidad de aplicar una metodología descriptiva del título que se lleva a cargo y a su vez nos da como resultado explicar y conocer el estado de la operación minera, además del sistema de ventilación existente, los problemas de ventilación y las fallas en las operaciones mineras se identifican y evalúan mediante estudios de campo tales como: medición y medición (p.99).

También establece requisitos para mejorar las condiciones de trabajo afectadas por cortes frecuentes de sistemas de ventilación defectuosos, que son causados por fallas y/o errores, que de una u otra forma no pueden generar costos de solución sino inversión y claramente aumentar la producción para la empresa y cumplir con los requisitos legales. requisitos y normatividad vigente Colombia.

De acuerdo al autor Ramírez y Fuentes, (2019), “Modelamiento del sistema de ventilación y control de metano con El Simulador Ventsim™ en la mina subterránea de Carbón Fezmine, Polonia”, optando el título de Ingeniero de Minas, tiene como propósito diseñar un modelo de ventilación adecuado para la mina subterránea de carbón (p.2), posteriormente sea la finalidad que permite que se cumplan los requisitos para disolver suficiente metano para sobrevivir al proyecto hasta 2070 (p.ii).

VentSim™ demostró la naturaleza de las emisiones de metano en las galerías y permitió identificar paneles de explotación donde el metano podría diluirse por el movimiento del flujo de aire de ventilación y donde es imposible obtener suficiente aire fresco, se recomienda el uso de técnicas de desgasificación minera, como un método adicional de ventilación, para alcanzar la concentración máxima permisible

de metano en la atmósfera minera, los resultados pueden utilizarse para determinar la cantidad de desgasificación que requieren los paneles críticos para cumplir con las concentraciones máximas exigidas legalmente.

Según Rivas (2014), “Diseño del sistema de ventilación de las labores subterráneas de oro “Sosa Méndez”, municipio el Callao, EDO Bolívar – Venezuela”, para optar el título académico de Máster en Minería, su objetivo es de crear un método de ventilación en las áreas de socavón, ubicado en el municipio el Callao (p.3). En cuanto a su finalidad permitió elaborar el esquema de ventilación de la mina para mejores accesos de aire y ubicaciones de ventiladores. Trayendo como siguiente paso el resultado grafico de ventilación, lo que admitirá ejecutar una eficaz explotación de manera positiva para todos los involucrados en la labor minera (p.61).

Para ello, el ingreso de aire fresco desde arriba está prevista por la rampa de acceso principal, que se conecta a cada uno de los subsuelos conectados a cada fachada utilizada; se propone extraer el aire contaminado a través de una chimenea vertical, desde la profundidad de la mina hasta la superficie.

A nivel nacional Cajahuanca, (2019) “Influencia del sistema Raise Boring en la ventilación del nivel. 4530 de la veta alexia de la unidad minera Arcata.” en Huancayo, se tiene en cuenta que la ventilación en socavón es una prioridad para poder mantener una adecuada temperatura del trabajo y así disipar la presencia de gases dañinos, mejorar el ambiente de trabajo y todo lo que concierne en temas de las labores mineras, dentro de mina su cobertura de aire de la empresa minera Arcada en la zona I-B es del 101%, es por ello que se optó por proponer mejoras antes los inconvenientes (p.iii).

A nivel nacional Según Duran, Pasco (2018) en su informe “Mejoramiento de la ventilación en la mina de socavon, Colquijirca CIA.”, tiene como objetivo lograr una buena utilidad de acuerdo al buen metodo de ventilación en la mina de Colquijirca (p.19), con la finalidad de obtener una metodología metódica, modificaciones que merezcan, sensible a variaciones, sin alejarse de sus propósitos planeados. Como

resultados se obtuvo que, el proyecto minero tiene 66.43% de cobertura de aire, por otro lado, falta aumentar el aire fresco un 6,617.54 m³/min (233,695.78 pies³/min) al proyecto minero, para así obtener una cobertura de 100 % para obtener deficiencias de ventilación (p.106).

Por lo tanto, es interesante realizar un estudio mejorando así las operaciones de producción, para determinar las condiciones de trabajo favorables, debe considerar la ventilación de su trabajo, que debe estar de acuerdo con los requisitos de las condiciones requeridas. la calidad y cantidad del aire solicitado para satisfacer al personal y el mantenimiento de las máquinas y equipos utilizados en las labores mineras.

Según Vilca, Puno (2016), en su tesis “Dominio de la ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación en el nv 4955 mina Urano - Puno”, tiene como objetivo establecer la operatividad del personal en minería subterráneas, posteriormente de la instalación del proyecto de ventilación del nv 4955 en la empresa Urano, disminuir la acumulación de aire viciado, con la finalidad de obtener un resultado óptimo de aire limpio para poder trabajar en las labores. Como resultados se obtuvo el caudal óptimo de acuerdo con los parámetros establecidos es de 33000 cfm, así mismo cumpliendo el aire requerido; se perfecciono relevantemente la ventilación tanto en la galería prevista, como en la baja de producción.

Finalmente, la ventilación mecánica afectó fuertemente nuestra operación, lo que requirió la instalación de 2 ventiladores: la primera con capacidad de 25,000 cfm y el segundo con 15,000 cfm para cubrir la demanda de aire, se instalaron en la misma galería; uno en BM y el otro a una profundidad de 800 metros, que puede ser grave, a través de una cámara de almacenamiento de aire con un volumen de 75 m³.

Según Vergaray, Trujillo (2017) en su tesis “Optimización del sistema de ventilación de la mina Charito, compañía Minera Poderosa S.A.”, su finalidad es definir el anteproyecto y un sistema de ventilación adecuada (p.25), con la finalidad de

mejorar el sistema de ventilación actual, como consecuencia se propuso trabajar en forma paralela en los frentes de acuerdo al método de ventilación, es por ello que se ha considerado instalar 2 ventiladores de 10,000 cfm en series, como impelentes, estos serán conectados a las mangas de 24" de diámetro, lo cual distintas labores de trabajo dentro de mina (p.51).

Según Montoya, Chiclayo (2018). En su tesis "Diseño de una red de ventilación para la explotación de recursos minerales en la concesión minera Santa Clotilde – nivel 2 Chongoyape ", se tiene como objetivo la representación de una red de ventilación (p.16), para la explotación de los recursos minerales, tiene como finalidad interpretar un método de ventilación para la explotación de mineral, como resultados se obtuvieron en la galería III conductos de ventilación total 3, flujo de masa total de 0.50 Kg/s, la resistencia de la mina (sin tubo) es de 0.01336 Ns²/m⁸ (p.26).

Según Fuentes y Silva, Cajamarca (2018) "Propuesta de un análisis técnico comparativo, de la ampliación de una chimenea y un ventilador axial de la mina subterránea, Cajamarca" se hizo el método comparativo con la finalidad de mejorar el sistema de ventilación del 076 del subnivel, como objetivo general se tiene que hacer un análisis comparativo, entre ampliar el uso de un ventilador axial y la chimenea (p.14). Si se incrementa la productividad y la profundidad de las labores subterráneas, también incrementan las inconvenientes de ventilación de la mina (p.70).

Según Guevara y Villanueva, Cajamarca, (2018). En su tesis "Evaluación y propuesta del sistema de ventilación en el subnivel 058 en la Mina Troy - Cajamarca", quienes calcularon y plantearon un diseño de ventilación en el subnivel 058 en la Mina, Cajamarca (p.16). Teniendo como finalidad tener un entorno de trabajo placentero y reducir la recirculación de aire viciado, del subnivel 058 en la mina Troy, como resultado se plantea montar un ventilador con un volumen de 10000 cfm mejorando el sistema de ventilación en el subnivel y aumentar la producción reduciendo los gases nocivos en las labores de trabajo de la mina Troy (p.xii).

Según Muñoz y Salazar, Cajamarca (2018). “Modelamiento del sistema de ventilación del proyecto minero Papelillo – Namora, utilizando el software VentSim 5.0TM”, Tuvo como objetivo establecer variables interviniendo en la formulación de sistema de ventilación (p.38). La finalidad es conseguir datos en menor tiempo sobre las características de los ventiladores utilizados en la mina, teniendo como resultado la red de ventilación que consta de un ventilador principal con una capacidad de 15 m³/min y cuatro ventiladores con un caudal de 3 m³/min y una presión de 310 Pa; con una eficiencia del 76,9% (p.9).

Una vez descritos los antecedentes de estudio, referente a las variables, se menciona las teorías relacionadas respecto, a la variable chimenea principal, la cual es una ventilación que recorre toda la mina para el suministro de aire fresco y la eliminación del aire viciado de forma regular. (Llacho y Vargas, 2020, p.14).

La ventilación de la mina tiene en cuenta variables como el cálculo del flujo de aire necesario para el bienestar y la salud del personal minero, el control de la humedad y la temperatura en el sitio de la mina, así como el control de gases en la mina. explotación (Niño *et al.*, 2015, p.1).

Los factores que influyen la distancia de chimenea, las cuales son comunes en las operaciones mineras son los aspectos geológicos, el método de explotación y los aspectos económicos (Ortiz y Canchari, 2016, p.133)

La contaminación del aire es un problema global que afecta principalmente a las grandes ciudades de los países desarrollados y atrasados, con consecuencias para la salud de la población (Henríquez y Urrea, 2017, párr. 1). Se conoce que el nivel de contaminación del aire, incluyendo las concentraciones estandares bajas son dañinas para la salud humana al aumentar los síntomas respiratorios y tos crónica, la bronquitis, así como la función pulmonar deteriorada (Arce *et al.*, 2018, p.169).

El aire viciado es producto de las emisiones de gases como el CO de la maquinaria pesada y de las explosiones en varios frentes (Ramos, 2019, p.9). El aire fresco experimenta cambios y por lo tanto reduce el oxígeno, el airfe fresco expulsa los

gases, vapores y polvo producido por las actividades mineras logrando satisfacer las necesidades del personal y equipo (Llacho y Vargas, 2020, p.15).

Los tapones simples son muros de bloques de hormigón contruidos con albañería armada, los bloques se fijan con mortero de cemento y arena. Los tapones permanentes son estructuras simples de hormigón colocadas en zonas seleccionadas para que la roca sobre la que se asientan reúna las condiciones geomecánicas de resistencia a la presión, abrasión e impermeabilidad (Chávez y García, 2021, p.14).

Para la segunda variable de estudio, el sistema de ventilación es importante para garantizar una seguridad y excelentes condiciones en el lugar de trabajo, es importante que cada mina cuente con un circuito de ventilación designado, ya que esto garantiza la demanda de aire requerida en las áreas donde se necesita (Bustamante, Daza y Bustamante, 2017, p. 5).

En la primera dimensión encontramos al caudal, donde es aquel que se necesita producir para crear las mejores condiciones atmosféricas para el trabajo a realizar. Este es el resultado de sumar las corrientes requeridas gases, del personal de excavación minera y maquinaria usada HP (Kerguelen, González y Jiménez, 2015, p.159).

Asimismo la velocidad, la cantidad mínima de aire que circula en las partes subterráneas, se calcula por la cantidad del personal, su altitud, los gases o vapores nocivos y gases explosivos e inflamables, se cumple lo siguiente: excavaciones mineras hasta 1500 m.s.n.m – 3m³/min por cada trabajador. La cantidad mínima de aire a que se refiere este artículo deberá incrementarse de acuerdo con la calidad y cantidad de sustancias nocivas presentes en la atmósfera; es con el fin de mantener condiciones higiénicas adecuadas (Córdoba y Molina, 2015, p.75).

El efecto de estos gases o contaminantes es global, afecta directamente a la salud humana y a los ecosistemas (Querol, 2018, p.16).

Uno de los factores que libera gases tóxicos es la explosión de las rocas, que va acompañada de procesos de descomposición de las rocas (Helguero y Medinaceli, 2020, párr. 2).

Por último, los gases presentes en las áreas subterráneas son: dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, oxígeno y el dióxido de carbono (Pérez, 2017, p.24). Ante ello, el monóxido de carbono es un gas sin sabor, ni color y sin olor a gas, tóxico e inflamable; combustible si su contenido está entre 13 y 75%. Es un gas relativamente tóxico que posee una mayor afinidad por la hemoglobina en la sangre que el oxígeno y forma carboxihemoglobina, lo que reduce el suministro de oxígeno a los tejidos, por ello se debe considerar un volumen de 0.0025% para 8 horas de trabajo como límite máximo (Córdoba y Molina, 2015, p.78).

El dióxido de nitrógeno es un gas contaminante que se produce en el aire ambiente, especialmente procedente del transporte, y es considerado un factor de riesgo para el progreso de enfermedades respiratorias (Gutiérrez et al.2018, p. 508). Es un contaminante que concierne y cambia significativamente la atmósfera de la ciudad (Moreno, 2015, p.90).

Por otro lado, Orche (2020, p.40) indica que el dióxido de carbono es un componente normal del aire aunque en condiciones normales (0.03%), es uno de los gases nocivos presentes en las labores por otro lado, la calidad de este aire puede reducirse aún más si se le suman los contaminantes propios de la operación (gases inflamables y vapores explosivos, polvo, etc.) o los accidentes derivados de los mismos (incendios, emisiones). Ante este gas nocivo se necesita reducir las emisiones de CO₂ por ende el cambio climático (Villavicencio et al., 2018, p.2).

Asimismo, el oxígeno es un gas muy activo, es esencial para respirar y la combustión, además es puro, incoloro, insípido y levemente más pesado que el aire. Sin embargo al respirar aire que posee un 21% de oxígeno, la cual el ser humano puede moverse más o menos en la atmósfera de este gas, además, si el contenido de oxígeno cae al 16% (presión de 1 atm), muchas personas tendrán dificultad para respirar (Sutty, 2016, p.64).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

A. Tipo Aplicada practica

Según Molina *et al.* (2017) se conoce según investigación practica o empírica porque a su vez mediante el trabajo y la experiencia que uno adquiere se realizan por secuencia a la realidad, la cual se relaciona con el tema que uno desee, realizan una variante de datos que proporcionan en el trabajo diario.

Se basa en el tipo de investigación científicos orientados a solucionar dudas sobre la vida cotidiana o a intervenir situaciones prácticas.

B. Diseño de Investigación experimental por el objetivo es correlacional.

Vega *et al.* (2021) asegura que la creación es un valioso instrumento que va a guiar y orientar al investigador, de acuerdo con un conjunto de pautas a desarrollar, en un estudio o experimento; es de carácter flexible, no un recetario rígido. En este sentido, a investigación es experimental ya que unas de las variables se sometieron a cambios para lograr responder los objetivos planteados y así dar solución a la problemática en cuestión.

3.2. Variables y Operacionalización

3.2.1. Variable independiente.

Chimeneas Principales.

- **Definición conceptual:** Llacho y Vargas (2020) define que las chimeneas principales es una labor vertical de preparación y desarrollo, que se realiza de abajo hacia arriba, donde inicia en una galería base e intersecta a galería de nivel superior (p. 14).
- **Definición operacional:** La variable chimeneas principales ha sido evaluado por medio de las dimensiones, aire viciado, aire fresco y tapones.

- **Indicadores:** Los indicadores que han sido tomados en cuenta son, para las dimensiones de aire viciado y fresco la cobertura y para los tapones el corto plazo.
- **Escala de medición:** De razón.

3.2.2. Variable dependiente.

Sistema de Ventilación

- **Definición conceptual:** Bustamante, Daza y Bustamante (2017) Se puede definir un sistema de ventilación como un plan y agrupación de elementos para ventilar una labor subterránea debido a su deficiencia de aire, inadecuada temperatura o humedad excesiva (p.5).
- **Definición operacional:** La variable sistema de ventilación ha sido evaluado por medio de las dimensiones, caudal, velocidad de aire y gases presentes.
- **Indicadores:** Los indicadores tomados en cuenta son el m/s para el caudal y la velocidad de aire, y para los gases presentes se tomaron en cuenta el PPM del CO, PPM de NO₂, el % de CO₂ y el % del O₂.
- **Escala de medición:** De razón.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población.

Según Ventura (2017) una población es un conjunto de elementos con características específicas para ser estudiados.

Ante ello, el presente informe la población se está considerando al conjunto de labores que integran el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander.

3.3.2. Muestra.

Según Gómez *et al.* (2016) en toda investigación siempre debe determinarse el número específico de participantes que será necesario incluir a fin de lograr los objetivos planteados desde un principio.

Asimismo, como base en la población se consideró como muestra el conjunto de labores de la unidad minera Santander; Zona Magistral Norte, Centro y Sur.

3.3.3. Muestreo.

Según Otzen y Manterola (2017) las técnicas de muestreo de tipo no probabilísticas, la selección de los sujetos a estudio dependerá de ciertas características, criterios, etc. que él (los) investigador (es) considere (n) en ese momento.

Por lo tanto, la investigación presento un muestreo no probabilístico (puntos estratégicos de monitoreos).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos.

• Técnica de Campo.

Se realizó un estudio y evaluación de aire de en los magistrales norte, centro y sur del circuito de ventilación para hallar la deficiencia que presentaba, después se realizó una evaluación del nuevo circuito de ventilación, se hizo cruce de datos comparativos, para buscar el mejoramiento de este. En los estudios que ha realizado de acuerdo con la recopilación de datos nos permite darnos cuenta de que el proceso de investigación está involucrado en la obtención de información porque de ella depende la autenticidad y validez del estudio.

La técnica utilizada fue la observación in situ, la recolección de datos se realizó en formato de notas y anemómetro, como resultado se obtuvieron datos para su procesamiento. La observación es la primera fase del método porque es el paso donde se obtiene la información necesaria para recolección de datos (López *et al.*, 2019).

Se detallan los equipos utilizados:

- 01 equipo digital multifunción TESTO 435 - 4: 02210207, 02784114 y 02298440.
- 01 sonda de hilo caliente de 7.5 mm Ø: 10326366
- 01 sonda molinete de 60 mm Ø: 10297068
- 01 sonda molinete de 16 mm Ø. 10326094
- 01 sonda de hilo caliente de 12 mm Ø: 10263972
- 01 barómetro-altímetro digital TESTO 511, 01 Distanciómetro digital BOSCH, 01 Medidor de gas, con registro de O₂, CO, CH₄, CO₂ y NO₂.



Figura 1. Equipos utilizados.

3.5. Procedimientos

- Permiso para realizar la investigación y recolección de datos en la mina.
- Calibración de equipos para obtener datos precisos
- Realizar medidas para el cálculo de las labores
- Definir puntos de monitoreos para ejecutar mediciones de gases, temperaturas y velocidad de aire.
- Monitoreo de velocidad de aire en las magistrales utilizando anemómetro.
- Monitoreo de gases, utilizando detector de multigases.

3.6. Método de análisis de datos

Se diferencia varios elementos de un proceso, como consecuencia, se procede a clasificar cada uno por separado, este proceso consiste en identificar que consiste en una realidad. Según Pérez (2016) el método de análisis es un procedimiento para llegar a la comprensión mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos.

En la presente investigación los datos recolectados en campo serán procesados por medio de la estadística descriptiva, analizan en primer lugar su origen para luego determinar naturaleza y finalmente poder brindar una solución a la problemática en cuestión.

3.7. Aspectos éticos

Según Espinoza (2019) los aspectos éticos contienen las condiciones necesarias que deben estar presentes desde el primer pensamiento hasta la investigación, se diseñó y aprobó el protocolo, se siguió, se completó el estudio y se continuó con la responsabilidad del tema de investigación.

De acuerdo con la regulación del sistema del presente trabajo según los estándares nacionales e internacionales de gestión de investigación son: consistencia, vigencia, reputación, claridad y manejo bibliográficos. También se aplicó los principios morales, por ejemplo:

La beneficencia, durante la investigación se busca mejorar su sistema de ventilación en sus labores lo cual favorece a la unidad minera.

La no maleficencia, mediante su informe de investigación se busca realizar los RB1 y RB2 para optimizar su sistema de ventilación sin afectar a los trabajadores, pobladores.

Autonomía, para la toma de decisiones y tolerar las consecuencias.

Justicia, la busca de justicia para beneficio de la empresa y los trabajadores.

IV. RESULTADOS

4.1 Calcular el caudal de aire en los magistrales norte, centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander.

4.1.1 Geología y tipo de yacimiento

a. Geología

En el perímetro de la ubicación se encuentra rocas de tipo ígneas o metamórficas consideradas así por lo cual con el transcurrir con los años la formación del tiempo se originan de material mineral, además de las generaciones de movimientos tectónicos que configuraron los geoanticlinales del Marañón y las cuencas occidentales, el yacimiento cretácico se encontraba hoy en la costa oeste de un macizo que podía llegar hasta las montañas precámbricas. En la zona se visualizan una variedad de rocas lito clásticas, carbonatadas, volcánicas e intrusivas en relación con las calizas, de la misma forma se han agrupado cierta cantidad de fallas profundas debido al agresivo plegamiento del área, sirviendo como conducto para el emplazamiento de los fluidos mineralizantes.

b. Tipo de Yacimiento

En Magistral Sur presenta el tipo de yacimiento exoskarn pirometasomático, observando mineralización metálica metasomática. En Magistral Centro presenta un depósito pirometasomático constituido de relleno de fisuras a partir de soluciones hidrotermales ascendentes, mientras que en Magistral Norte presenta un depósito epigenético hidrotermal de mesotermal a epitermal.

4.1.2 Parámetros de método de minado.

De acuerdo a la mina Santander se ha considerado los siguientes parámetros:

- Cota promedio: 4,620 msnm (BM 4580 y 4510).
- Sistema de minado: Mecanizado.
- Método de Minado: Corte y Relleno Ascendente, empleando Taladros Largos.
- Perforación: Jumbo y Simba.
- Limpieza: Scooptram de 6 yd³, Diésel.

- Número de guardias: 02/día
 - Horas trabajadas:
Turno "A" 8:00 am a 6:00 pm.
Turno "B" 8:00 pm a 6:00 am.
 - Número del personal por guardia: 89 personas.
 - Cantidad de equipos petroleros (Diésel): 35.
 - Potencia nominal de los equipos Diésel: 7,560 HP.
 - Cantidad de disparos: 02/día.
 - Tiempo de ventilar después generada la voladura:
Turno "A" = 2 horas de 6:30 am. a 8:30 am.
Turno "B" = 2 horas de 6:30 pm. a 8:30 pm.
 - Hora de la primera voladura (chispeos) son:
Turno "A" = 6:30 am.
Turno "B" = 6:30 pm.
 - Explosivo: ANFO.
 - Velocidad mínima del aire: 25 m/min.
 - Velocidad máxima del aire: 250 m/min (en lugares el personal transita).
 - Producción de mineral:
Diaria: 2,000 TMS.
 - Mensual (estimado): 60,000 TMS.
- Parámetros de Medio ambiente.
- Temperatura seca: 8.8 °C.
 - Temperatura húmeda: 2 °C.
 - Presión barométrica promedio: 582 hPa.
 - Humedad relativa: 38 %.

4.1.3 Documento para la recolección de Datos

El formato que se ha tenido en cuenta se encuentra en el anexo 5, Este formato permitió la recopilación de las velocidades de aire, condiciones termo ambientales, concentración de gases y dimensiones de las labores por cada estación.

4.1.4 Recopilación de datos

a. Levantamiento de ventilación

Se realizó el levantamiento de (07) estaciones de ventilación principal y (90) estaciones de ventilación secundaria; haciendo un total de 97 estaciones de ventilación.

b. Propiedades físicas del aire

- Temperatura seca (TBS): 8.8 °C.
- Temperatura húmeda (TBH): 2 °C.
- Presión barométrica promedio: 582 hPa.
- Humedad relativa (HR): 38 %.

c. Gases encontrados en la mina

- Gases de explosivos: gases nitrosos (NO, NO₂), monóxido de carbono (CO).
- Gases de combustión interna: dióxido de nitrógeno (NO₂), Monóxido de carbono (CO).
- Gases de respiración humana: Dióxido de carbono (CO₂).

d. Cálculo de requerimiento de aire actual y proyectado

- La cantidad de aire necesaria para una ventilación suficiente de la mina se calcula sobre la base de diferentes necesidades y parámetros específicos para:
- Cumple con los requisitos mínimos y ofrece un nivel específico de comodidad a los trabajadores de la mina (día, noche; el mayor número).
- Diluir y transferir gases, polvo, humo y calor generados durante las operaciones mineras.
- Brindar las condiciones mínimas necesarias para el desarrollo de una planta diésel en una mina.
- Brindar un ambiente térmico confortable.

Marco Legal

Mediante el estudio realizado se ha tenido como base legal el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional, también la modificatoria D.S. N° 023-2017-EM, donde en el Artículo 252° establece, la evaluación integral de ventilación sea como

lo establecido en el ANEXO 38 donde se define la valoración de los requerimientos del caudal de aire para minas que usen equipos petroleros como sigue:

“Artículo 247”: Requerimiento de aire para el personal

Se establece que cuando la mina se encuentra hasta 1,500 m.s.n.m en las labores, la mínima cantidad de aire necesario por cada personal será de tres m³/min. Se tiene en cuenta las siguientes escalas de acuerdo con las altitudes:

- De 1,500 a 3,000m incrementará en 40%; siendo igual a 4 m³/min.
- De 3,000 a 4,000 m incrementará en 70%; siendo igual a 5 m³/min.
- Sobre los 4,000 m incrementará en 100%; siendo igual a 6 m³/min.

REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL (Q_{To}). - Utilizando equipos a motor petroleros en la operación:

La demanda de aire en la mina se calculará de conformidad con el artículo 252 literal (d) del Reglamento, teniendo en cuenta la fórmula siguiente:

Ecuación 1. *Requerimiento de aire total (Q_{To})*

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

Q_{To} = Caudal total para la operación

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

Ecuación 2. *Ecuación Q_{Fu}*

$$Q_{Fu} = 15\% \text{ del } Q_{T1}$$

Sin embargo, se debe considerar previamente lo siguiente:

Ecuación 3. *Caudal requerido por el número de trabajadores*

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

Donde:

Q_{Tr} = Caudal total para “n” trabajadores (m³/min)

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a reglamento

N = Número de trabajadores de la guardia más numerosa.

Ecuación 4. Caudal requerido por el consumo de madera (QMa)

$$QMa = T \times u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

QMa = Caudal requerido por ton de producción (m³/min)

u = Factor de producción, de acuerdo 2° párrafo. del d) del artículo 252 del reglamento

T = Producción en ton métricas húmedas por guardia.

Tabla 1. 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

Fuente: Llacho y Vargas, 2020.

Ecuación 5. Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

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

Donde:

QTe = Caudal por temperatura (m³/min)

Vm = Velocidad mínima

A = Área de la labor promedio

N = Número de niveles con temperatura mayor a 23°C, de acuerdo al 3° párrafo del d) del artículo 252 del reglamento.

Tabla 2. Velocidad Mínima

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

Fuente: Llacho y Vargas, 2020.

Ecuación 6. Caudal requerido por equipo con motor petrolero

$$QEq = 3 \times HP \times Dm \times Fu \text{ (m3/min)}$$

Donde:

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

HP = Capacidad efectiva de potencia (HP)

Dm = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos

Fu = Factor de utilización promedio de los equipos

4.1.5 Requerimiento de Aire Actual y Proyectado

a. Requerimiento de Aire Para los Trabajadores Actual y proyectado

De acuerdo con el requerimiento el cálculo se realizó por separado, trabajadores de la unidad minera y las distintas compañías especializadas que trabajan en mina subterránea, teniendo en cuenta las guardias de mayor cantidad de personal. Teniendo en cuenta, la altitud de 4620 msnm, el caudal requerido por persona es de 6 m3/min; se aplicó la ecuación de Caudal requerido por el número de trabajadores, se evaluaron el requerimiento de caudal de aire actual como detalla en tabla 1.

Tabla 3. Requerimiento caudal de aire para el personal actual.

Ítem	Empresa	Cant./gd	m3/min	cfm	Distrib.(%)
1	JRC	64	384	13,561	72%
2	VIJICSA	12	72	2,543	13%
3	SPEKTRA	4	24	848	4%
4	REDRILSA	4	24	848	4%
5	CIA	5	30	1,059	6%
TOTAL		89	534	18,858	100%

Fuente: elaboración propia.

El requerimiento de aire para el personal proyectado se está considerando un incremento de 11% de trabajadores de acuerdo con la información proporcionada por la unidad minera.

b. Requerimiento de Aire Para Equipos Petroleros Actual y Proyectado.

Tabla 4. *Requerimiento caudal para personal proyectado*

Ítem	Empresa	Cantidad	%	m3/min	cfm
1	JRC	64	64%	384	13,561
2	VIJICSA	12	12%	72	2,543
3	SPEKTRA	4	4%	24	848
4	REDRILSA	4	4%	24	848
5	CIA	5	5%	30	1,059
SUB TOTAL		89	89%		
6	OTROS	11	11%	66	2,331
TOTAL		100	100%	600	21,188

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo, anticipadamente se considera los factores de disponibilidad mecánica, factor de utilización cuyo factor fueron proporcionados por la Unidad minera como también el factor de corrección por altitud.

El requerimiento de aire actual para los equipos petroleros es de 392,297 cfm, como se demuestra en la Tabla:

Tabla 5. Requerimiento caudal de aire para equipos petroleros – Actual.

Ítem	EQUIPO	Equipo	Marca	Modelo	Capacidad	Cant.	Potencia Nominal (HP)	DM (%)	FU (%)	FA (%)	m3/min	cfm	Distrib. (%)
1	EQUIPOS DE PERFORACION	Jumbo	Atlas Copco	Boomer S1D	31 Mts ²	1	105	89.31%	26.38%	76%	56	1,995	0.51%
		Jumbo	Atlas Copco	Boomer S1D	31 Mts ²	1	105	67.42%	27.95%	76%	45	1,595	0.41%
		Jumbo	Atlas Copco	Boomer S1D	31 Mts ²	1	105	96.03%	23.57%	76%	54	1,916	0.49%
		Simba	Atlas Copco	S7D	20 Mts	1	107	91.06%	17.61%	76%	39	1,384	0.35%
		Simba	Atlas Copco	S7D	20 Mts	1	107	89.19%	17.16%	76%	37	1,321	0.34%
		Simba	Atlas Copco	S7D		1	77.8	94.73%	18.70%	76%	31	1,111	0.28%
2	EQUIPO DE ACARREO DE MINERAL	Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-G	6.3 Yds ³	1	270	74.29%	48.23%	76%	221	7,801	1.99%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	91.96%	77.40%	76%	453	16,013	4.08%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	Yds ³	1	279	94.93%	77.93%	76%	471	16,644	4.24%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	90.03%	74.40%	76%	427	15,070	3.84%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	98.53%	69.77%	76%	438	15,466	3.94%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	98.35%	68.36%	76%	428	15,126	3.86%
3	EQUIPO DE CARGIO	Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	6.79%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.74%	81.28%	76%	754	26,638	6.79%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	91.24%	73.79%	76%	660	23,290	5.94%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	73.35%	76%	681	24,055	6.13%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	95.78%	77.09%	76%	723	25,543	6.51%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	95.60%	77.37%	76%	725	25,587	6.52%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	6.79%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	6.79%
4	EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	Alpha 20	Normet	Alpha 20	18 Mts ³ /Hr	1	145	95.51%	60.83%	76%	192	6,793	1.73%
		Tornado	Normet	Tornado S2	4 Mts ³	1	145	96.67%	90.30%	76%	289	10,207	2.60%
		Tornado	Normet	Tornado S2	4 Mts ³	1	145	80.39%	74.25%	76%	198	6,979	1.78%
		Scaler	Paus	853-S8	8 Mts	1	100	97.10%	73.24%	76%	162	5,735	1.46%
5	EQUIPOS AUXILIARES	Telehandler	Caterpillar	TH406C	3700 Kgs	1	100	90.53%	83.28%	76%	172	6,080	1.55%
		Telehandler	Caterpillar	TH407C	3700 Kgs	1	100	96.90%	78.09%	76%	173	6,102	1.56%
		Motoniveladora	Caterpillar	120K		1	125	98.22%	82%	76%	230	8,118	2.07%
6	EQUIPO LIVIANO	Camioncito	HYUNDAI	HDG3		1	138	80%	65%	76%	164	5,787	1.48%
		Camioncito	HYUNDAI	HDG3		1	138	80%	65%	76%	164	5,787	1.48%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	1.28%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	1.28%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	1.28%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	1.28%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	1.28%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	1.28%
TOTAL						35	7,560				11,109	392,297	100%

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la información proporcionada por la unidad minera, Se considera 5 volquetes adicionales a los equipos actuales. Por lo cual se presenta un incremento de aire requerido de 392,297 cfm a 520,792 cfm representando un 33%.

Tabla 6. Requerimiento caudal de aire para equipos petroleros – Proyectado.

Ítem	EQUIPO	Equipo	Marca	Modelo	Capacidad	Cant.	Potencia Nominal (HP)	DM (%)	FU (%)	FA (%)	m3/min	cfm	Distrib. (%)
1	EQUIPOS DE PERFORACION	Jumbo	Atlas Copco	Boomer S1D	31 Mts ²	1	105	89.31%	26.38%	76%	56	1,995	0.38%
		Jumbo	Atlas Copco	Boomer S1D	31 Mts ²	1	105	67.42%	27.95%	76%	45	1,595	0.31%
		Jumbo	Atlas Copco	Boomer S1D	31 Mts ²	1	105	96.03%	23.57%	76%	54	1,916	0.37%
		Simba	Atlas Copco	S7D	20 Mts	1	107	91.06%	17.61%	76%	39	1,384	0.27%
		Simba	Atlas Copco	S7D	20 Mts	1	107	89.19%	17.16%	76%	37	1,321	0.25%
		Simba	Atlas Copco	S7D		1	77.8	94.73%	18.70%	76%	31	1,111	0.21%
2	EQUIPO DE ACARREO DE MINERAL	Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-G	6.3 Yds ³	1	270	74.29%	48.23%	76%	221	7,801	1.50%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	91.96%	77.40%	76%	453	16,013	3.07%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	Yds ³	1	279	94.93%	77.93%	76%	471	16,644	3.20%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	90.03%	74.40%	76%	427	15,070	2.89%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	98.53%	69.77%	76%	438	15,466	2.97%
		Scoop Diesel	Caterpillar	R-1600-H	6.3 Yds ³	1	279	98.35%	68.36%	76%	428	15,126	2.90%
3	EQUIPO DE CARGIO	Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	5.12%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.74%	81.28%	76%	754	26,638	5.11%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	91.24%	73.79%	76%	660	23,290	4.47%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	73.35%	76%	681	24,055	4.62%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	95.78%	77.09%	76%	723	25,543	4.90%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	95.60%	77.37%	76%	725	25,587	4.91%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	5.12%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	5.12%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	681	24,055	4.62%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	95.78%	81.28%	76%	723	25,543	4.90%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	95.60%	81.28%	76%	725	25,587	4.91%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	5.12%
		Volquete	Mercedes Benz	Actros 3344K 6x4	14 mts ³	1	429	94.80%	81.28%	76%	755	26,655	5.12%
		4	EQUIPO DE SOSTENIMIENTO	Alpha 20	Normet	Alpha 20	18 Mts ³ /Hr	1	145	95.51%	60.83%	76%	192
Tornado	Normet			Tornado S2	4 Mts ³	1	145	96.67%	90.30%	76%	289	10,207	1.96%
Tornado	Normet			Tornado S2	4 Mts ³	1	145	80.39%	74.25%	76%	198	6,979	1.34%
Scaler	Paus			853-S8	8 Mts	1	100	97.10%	73.24%	76%	162	5,735	1.10%
5	EQUIPOS AUXILIARES	Telehandler	Caterpillar	TH406C	3700 Kgs	1	100	90.53%	83.28%	76%	172	6,080	1.17%
		Telehandler	Caterpillar	TH407C	3700 Kgs	1	100	96.90%	78.09%	76%	173	6,102	1.17%
		Motoniveladora	Caterpillar	120K		1	125	98.22%	82%	76%	230	8,118	1.56%
6	EQUIPO LIVIANO	Camioncito	HYUNDAI	HD63		1	138	80%	65%	76%	164	5,787	1.11%
		Camioncito	HYUNDAI	HD63		1	138	80%	65%	76%	164	5,787	1.11%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	0.97%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	0.97%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	0.97%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	0.97%
		Camioneta	TOYOTA	HILUX		1	120	80%	65%	76%	142	5,032	0.97%
TOTAL						40	9,705				14,747	520,792	100%

Fuente: elaboración propia

c. Requerimiento por Consumo de Madera

En la actualidad, la mina es completamente mecanizada, por tanto, no se considera en su evaluación del requerimiento de caudal de aire.

d. Requerimiento por Temperatura

Se registraron en el nivel más bajo de la mina, temperaturas máximas de 17 °C, esto es en zonas de tránsito u operatividad de los equipos. Se concluye que, la mina no tiene problemas de calor o estrés térmico. De modo que, la norma solo exige el requerimiento de caudal de aire para temperaturas entre el rango 24°C-29°C.

e. Requerimiento por Fugas Actual y proyectado

Para la norma peruana, el 15% de la sumatoria de requerimiento para trabajadores (Qtr), requerimiento para equipos diésel (Qeq).

Tabla 7. *Requerimiento por fugas – Actual*

QTr (cfm)	QEq (cfm)	QFu (cfm)
18,858	392,297	61,673

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. *Requerimiento por fugas – Proyectado.*

QTr (cfm)	QEq (cfm)	QFu (cfm)
21,189	529,792	81,297

Fuente: elaboración propia.

f. Requerimiento Global de Aire Actual y proyectado

Representado por la sumatoria de requerimiento para personal, equipos Diésel y por fugas.

Tabla 9. *Requerimiento de aire actual.*

Distribución Requerimientos	m3/min	Cfm
QTr: N° Trabajadores (89 trb./gd)	534	18,858
QEq: Equipos con motor petrolero (35 Equipos)	11,109	392,297
QFu: Caudal requerido por fugas	1,746	61,673
Caudal Requerido (Qtr+Qeq+Qfu)	13,389	472,828

Fuente: elaboración propia.

El caudal global requerido actualmente (QT0) es de 472,828 cfm.

Considerando los equipos que se va a implementar a largo plazo se hace el sumatorio total de los requerimientos de aire como se muestra en la Tabla, indica que se requerirá 623,277 cfm.

Tabla 10. *Requerimiento de aire proyectado.*

Distribución Requerimientos	m3/min	Cfm
QTr: N° Trabajadores (100 trb./gd)	600	21,188
QEq: Equipos con motor petrolero (40 Equipos)	14,747	520,792
QFu: Caudal requerido por fugas	2,302	81,297
Caudal Requerido (Qtr+Qeq+Qfu)	17,649	623,277

Fuente: elaboración propia.

4.1.6 Balance y cobertura de aire actual y proyectado

a. Ingreso de aire limpio actual

El ingreso de aire fresco a la mina se consigue a través de cuatro (04) Bocaminas, del cual, la BM Magistral Centro (NV-4580-1), representa al pulmón con el 37% del volumen total, seguidos de la BM Magistral Norte (NV-4580-4) con el 24%, de la BM Magistral Sur también con un 36.2% y por la BM Sur (CX-4041), el 3%. Consiguiéndose, la totalidad del ingreso de aire limpio a la mina de 431,145 cfm.

Tabla 11. Aforo de ingresos de aire – actual.

Estac.	Ubicación			Caudal de Campo		%
	Nivel-Piso	Labor	Detalle	m3/min	Cfm	
EVP01	4580-4	RP(-)4507	BM M.N	2,898	102,357	23.7%
EVP02	4580-1	BP-4580	BM M.C	4,544	160,485	37.2%
EVP03	4510-2	RP(-)4005	BM M.S	4,406	155,602	36.1%
EVP04	4510-2	CX-4041	BM M.S Vent.120	360	12,702	2.9%
TOTAL INGRESO				12,209	431,145	100.0%

Fuente: elaboración propia.

b. Salida de aire viciado

Las salidas de aire viciado fueron medidos y cuantificados en estaciones de control, ubicados en superficie. Como muestra la Tabla, los ejes principales de extracción son por las chimeneas:

- RB-VENT-4670 (Magistral-Norte): donde opera un ventilador VAV-60-26.5-1750-II-A-100 kcfm.
- RB-VENT-4310 (Magistral-Centro): donde opera un ventilador VAV-60-30-1750-I-B-160 kcfm.
- BM-4529 (Magistral Sur): donde opera un ventilador VAV-60-26.5-1750-II-A-120 kcfm.
- De modo que, la suma total del aire viciado se determinó en 432,531 cfm.

Tabla 12. Aforo de salida de aire – actual.

Estac.	Ubicación			Caudal de Campo		%
	Nivel-Piso	Labor	Detalle	m3/min	Cfm	
EVP01	4680	VENT-4670	BM M.N	3,744	132,218	30.6%
EVP02	4640	VENT-4310	BM M.C	5,075	179,209	41.4%
EVP03	4530	BM M.S	BM M.S	3,429	121,103	28.0%

TOTAL SALIDA	12,248	432,531	100%
---------------------	---------------	----------------	-------------

Fuente: elaboración propia.

c. Cobertura de aire actual

Considerando los HP efectivos de los equipos, caudal requerido para personal, caudal por fuga, la cobertura actual del sistema de ventilación es de 91%, siendo la demanda total de 472,828 cfm, teniendo un déficit del volumen del aire de 41,682 cfm.

Tabla 13. Balance actual.

Distribución de Aire	m3/min	Cfm
Total de aire requerido	13,389	472,828
Ingreso de aire	12,209	431,145
Salida de aire	12,248	432,531
Cobertura (%)	91%	
Déficit (cfm)	41,682	

Fuente: elaboración propia.

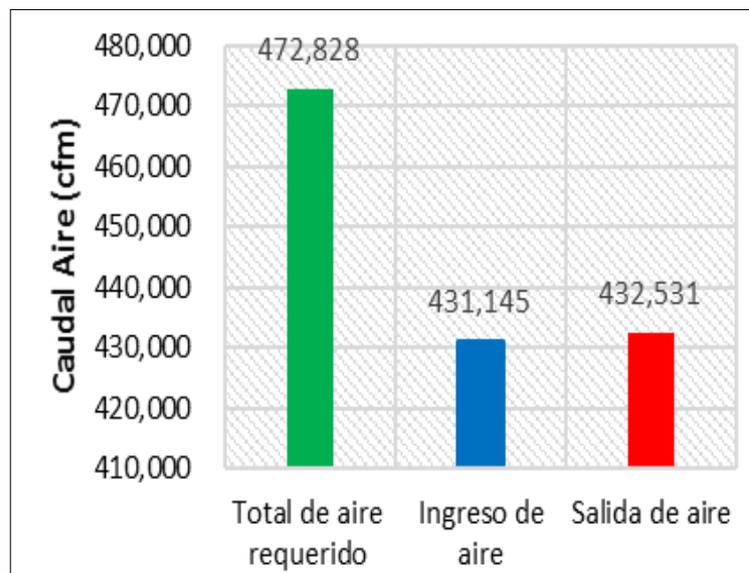


Figura 2. Distribución de balance actual.

d. Cobertura de aire proyectado

Según lo proyectado la cobertura frente al requerimiento de aire 623,277 cfm será de 108% con un superávit de 50,472 cfm.

Tabla 14. Balance proyectado.

Distribución de Aire	m3/min	Cfm
Total de aire requerido	17,649	623,277
Ingreso de aire	19,078	673,749
Salida de aire	19,760	697,820
Cobertura (%)	108%	
Superávit (cfm)	50,472	

Fuente: elaboración propia.

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapas	3: Modelo Proyectado 2
Todos los Airways	5796
Actual etapas conductos	5681
Longitud total	64,509.4 m
Caudal de aire total de admisión	673,749 cfm
Caudal de aire total de escape	697,820 cfm
Flujo de masa total	221.72 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.01377 Ns ² /m ⁸
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.01953 Ns ² /m ⁸
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	888.1 hp Total
	474.5 hp Chimenea
	151.4 hp Conducir
	262.1 hp Conducto de ventil...
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	1,378.6 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 882,545
Eficiencia de la red	64.4 %
Que consta de ..	
16 Ventiladores	1,378.6 hp

Figura 3. Resumen del sistema proyectado.

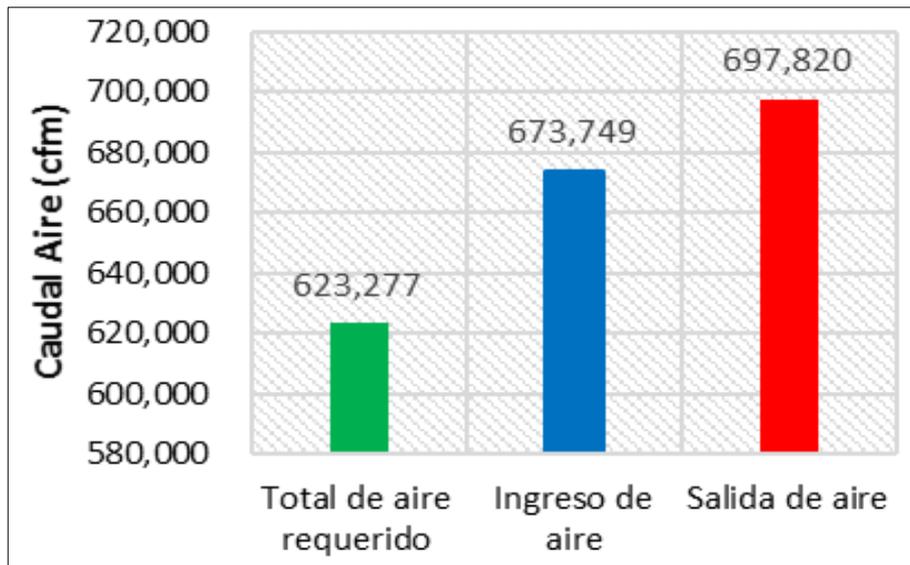


Figura 4. Distribución de balance proyectado.

4.1.7 Análisis de velocidades de aire

Se presenta un estudio de velocidades de Aire, que se realizó en todos los niveles de la mina, obteniéndose 90 estaciones, de las cuales el 80% presentan un flujo de aire permisible, velocidad de aire \geq a 25 m/min y \leq a 250 m/min; y el 20 % no cumplen con el requerimiento, es decir son $<$ a 25 m/min. El valor medio (mediana) de todas las lecturas de las velocidades de aire fluctúa entre los 43 m/min. Ver Figura 5.

Los niveles más críticos son 4370, 4300 y 4230, dando un 20% de las estaciones de monitoreo con registros de velocidades de aire no permisibles.

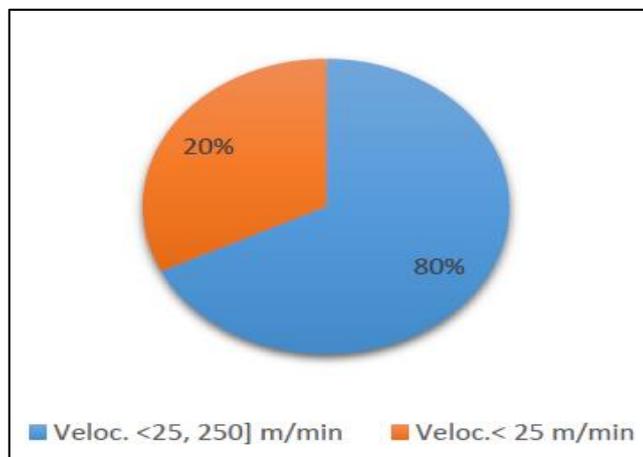


Figura 5. Distribución actual porcentual de velocidades de aire.

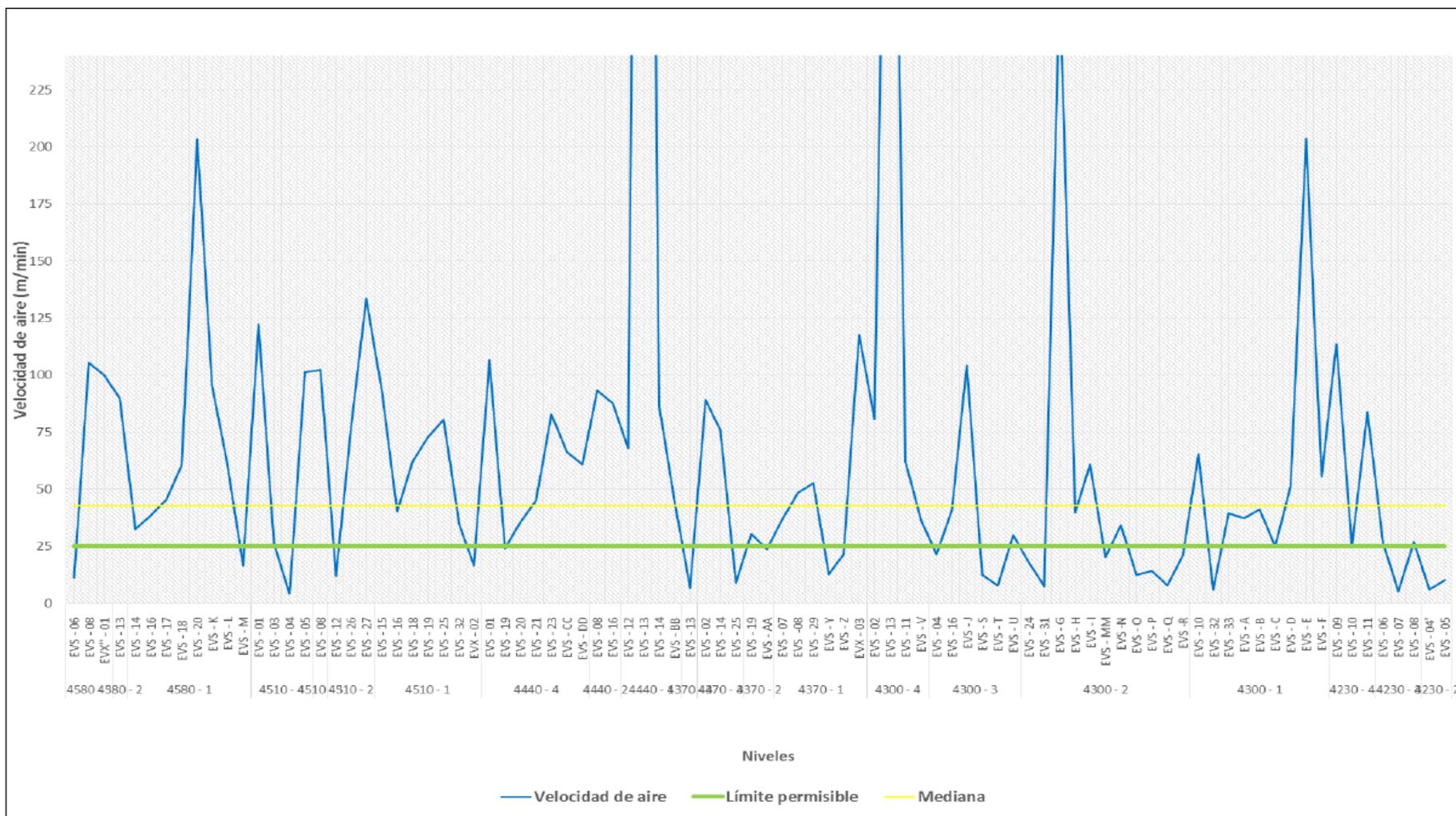


Figura 6. Análisis de velocidades de aire global.

4.2 Determinar la sección óptima de las chimeneas en los magistrales centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander

4.2.1 Selección de la sección óptima de las chimeneas RB

Una vez determinado las ubicaciones de las chimeneas proyectadas, es necesario validar la sección óptima de todas las chimeneas en general. Actualmente se tiene diferentes diámetros de RBs, entonces, se debe estandarizar y demostrar si efectivamente ese tamaño cumple con transportar el aire sin que ocasione el sobreesfuerzo de los ventiladores principales.

Se evaluaron para los RBs propuestos, con valores promedios de: factor de fricción K (0.00371 kg/m³) para los RBs, costo de excavación, densidad de aire (0.69 kg/m³) y costo de energía 0.098 US\$/kW-h.

a. Método algebraico

Se procedió a seleccionar su tamaño más probable teniendo en cuenta el costo total por año (CT), que es igual a la cantidad de gastos de capital (CC), es decir, cuánto no cuesta la operación de ventilación, y el costo operativo (CO), es decir, cuánto energía que consume el ventilador según la sección de la chimenea, puesto que estos dos tienden a variar inversamente uno con relación al otro:

Ecuación 7. Método algebraico.

$$CT=CC+CO$$

La tangente a la curva del costo total representa el punto de menor costo y, por tanto, el tamaño óptimo del conducto.

Particularmente para el RB-01, la evaluación del diámetro óptimo se hizo de la siguiente forma:

- Para diámetro (D) = 2.1m; perímetro (C) = 3.46m;
área (A) = 6.60m².
- Caída de presión (Hf) = 682 Pa
- Potencia al freno (Pm) = 65 kW
- Costo Capital (CC) = Longitud* Costo excavación (Ce) = 370 m
*1,288 \$/m = US\$ 476,560

- Costo de operación (CO) = $C_f \cdot P_m = 0.098 \text{ \$/kW-h} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 65 \text{ kW} = \text{US\$ } 55,613 / \text{año}$.
- Costo Total (CT) = $CC + CO = 476,560 + 55,613 = \text{US\$ } 532,173 / \text{año}$.

Tabla 15. Determinación de la sección (diámetro) óptima del RB01

Diámetro	Área	Perímetro	Longitud	Resistencia	Caudal fijo	Costo	Costo	Caida	Potencia	Costo	Costo Total
(D)	(A)	(C)	(L)	(R)	(Q)	Excavac.	Capital (CC)	presión (Hf)	Freno (BHP)	Operativo (CO)	(CT)
m	m ²	m	m	Ns/m ⁸	m ³ /s	\$/m	\$	Pa	KW	\$	\$
1.5	1.77	4.71	370	6.349E-01	76	1,088	402,560	3,667	348	299,097	701,657
1.8	2.54	5.65	370	2.552E-01	76	1,188	439,560	1,474	140	120,201	559,761
2.10	3.46	6.60	370	1.181E-01	76	1,288	476,560	682	65	55,613	532,173
2.40	4.52	7.54	370	6.055E-02	76	1,388	513,560	350	33	28,524	542,084
2.80	6.16	8.80	370	2.802E-02	76	1,488	550,560	162	15	13,197	563,757
3.10	7.55	9.74	370	1.684E-02	76	1,588	587,560	97	9	7,933	595,493
3.40	9.08	10.68	370	1.061E-02	76	1,688	624,560	61	6	4,999	629,559
3.60	10.18	11.31	370	7.974E-03	76	1,788	661,560	46	4	3,756	665,316
4.00	12.57	12.57	370	4.709E-03	76	1,888	698,560	27	3	2,218	700,778
4.40	15.21	13.82	370	2.924E-03	76	1,988	735,560	17	2	1,377	736,937

Fuente: elaboración propia

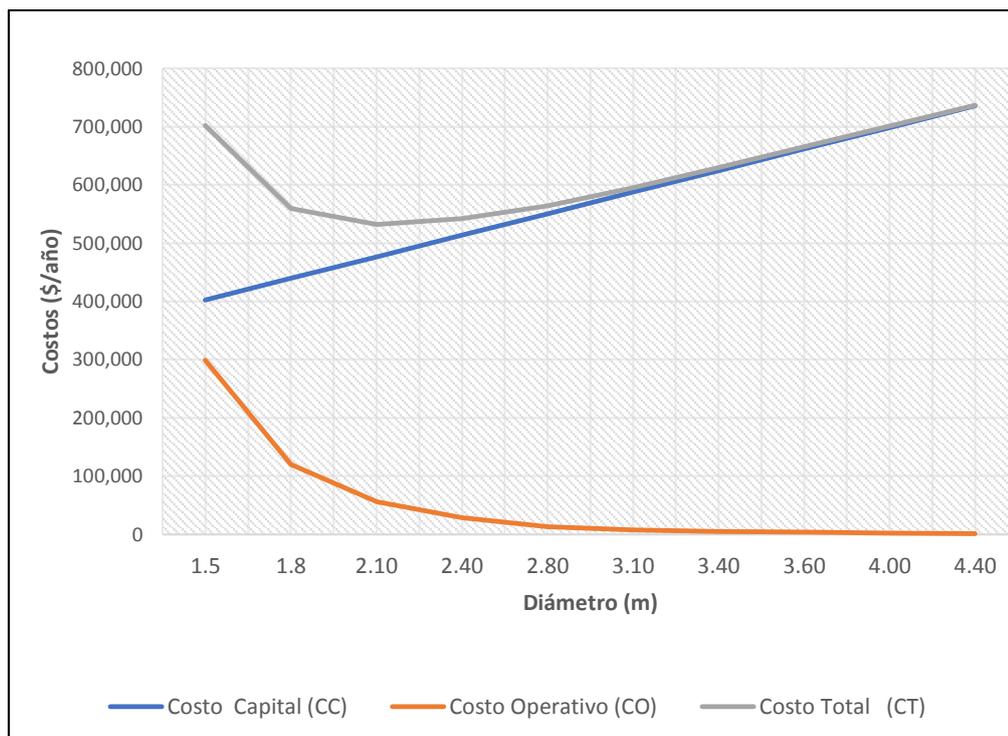


Figura 7. Elección de la sección (diámetro) óptima del RB01.

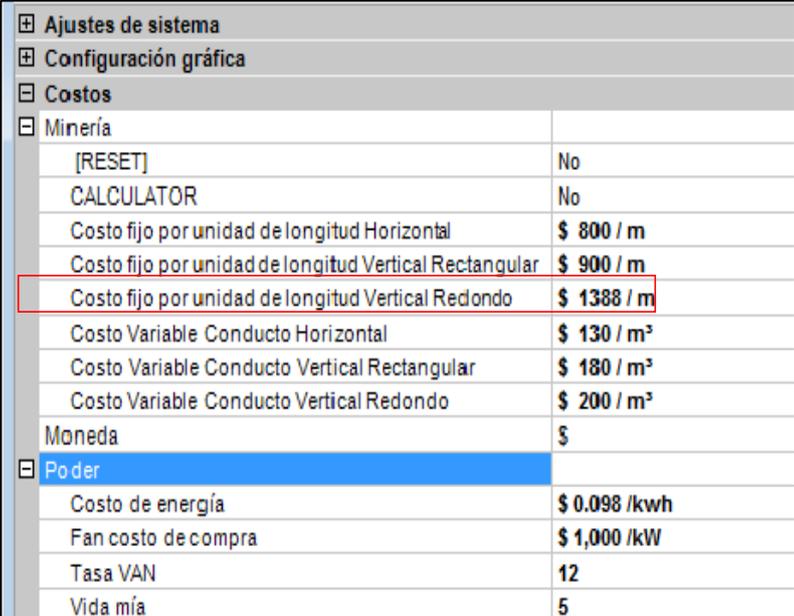
b. Simulación de la sección de las chimeneas RBs mediante Ventsim

Mediante el Software Ventsim se realiza un análisis de optimización financiera, para la chimenea promedio (RB) en base a costos de excavación y costos de operación de ventiladores, estos son los costos promedio de excavación y costos estimados. Para este último costo, Ventsim establece en su base de datos el costo total estimado por ventilador por unidad de producción.

Para ello seleccionamos el ducto a optimizar y alimentamos los siguientes datos al programa:

- Costo fijo.
- Costo unitario de Excavación.
- Costo unitario de energía.
- Tasa de interés.
- Tiempo del proyecto.

Una vez ingresado esta data al software, se realizó la simulación financiera obteniendo la figura 7, donde se confirma que el diámetro óptimo de la chimenea proyectada debe ser de 2.40m.



⊕ Ajustes de sistema	
⊕ Configuración gráfica	
⊖ Costos	
⊖ Minería	
[RESET]	No
CALCULATOR	No
Costo fijo por unidad de longitud Horizontal	\$ 800 / m
Costo fijo por unidad de longitud Vertical Rectangular	\$ 900 / m
Costo fijo por unidad de longitud Vertical Redondo	\$ 1388 / m
Costo Variable Conducto Horizontal	\$ 130 / m ³
Costo Variable Conducto Vertical Rectangular	\$ 180 / m ³
Costo Variable Conducto Vertical Redondo	\$ 200 / m ³
Moneda	\$
⊖ Poder	
Costo de energía	\$ 0.098 /kwh
Fan costo de compra	\$ 1,000 /kW
Tasa VAN	12
Vida mía	5

Figura 8. Input para la simulación de la sección (diámetro) óptimo.

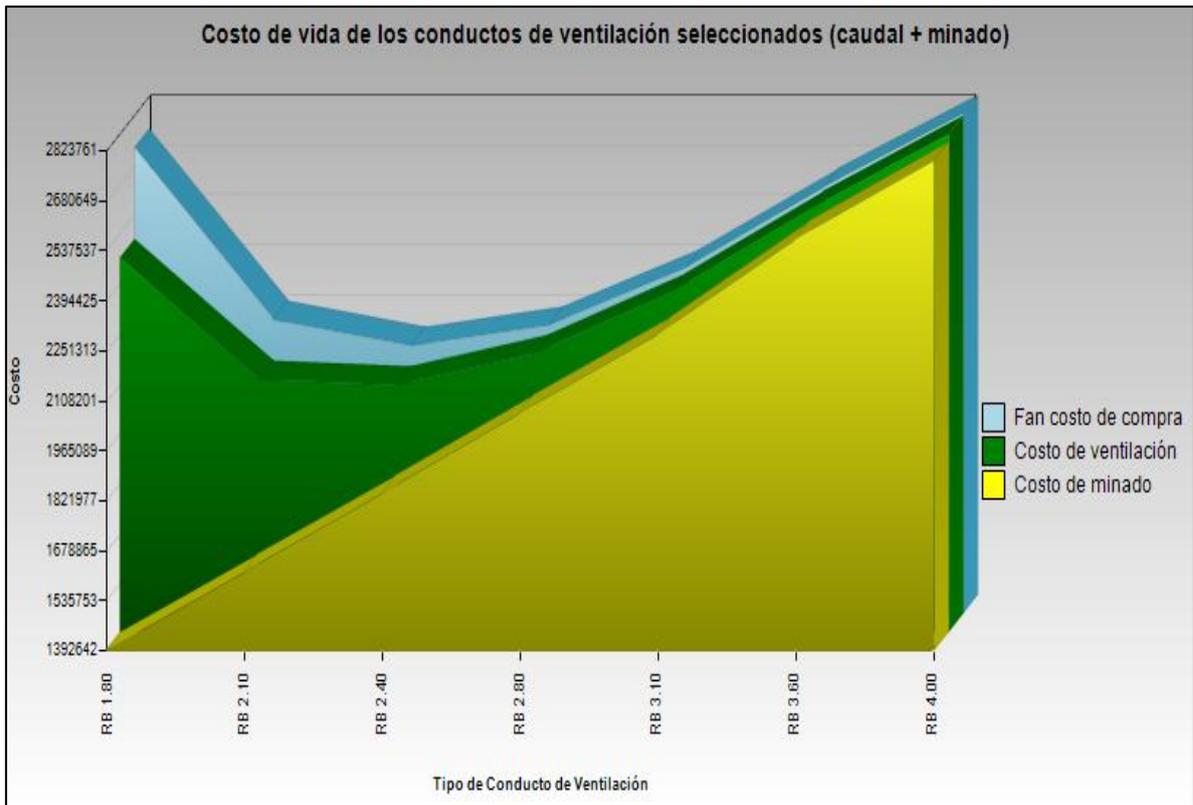


Figura 9. Selección del diámetro óptimo.

4.2.2 Diseño de Proyecto de las chimeneas RB - 01 y RB – 02

Teniéndose el requerimiento de aire proyectado de 623 kcfm. Manteniendo el sistema actual con rangos limitados en velocidad en los ingresos y salidas de aire, la cobertura de aire se verá disminuida al 76%. Esto conlleva necesariamente al desarrollo de un eje de ingreso de aire fresco y un eje de salida de aire viciado. Por lo que se plantea la construcción del RB 01(Eje de Salida) y RB 02 (Eje de Ingreso).

En las tablas 14 y 15 se muestran las secuencias de actividades para el desarrollo de ambos Ejes.

Tabla 16. Cronograma de actividades RB-01

Item	Eje	Labor	Integra/ conecta	L (m)	Seccion / ϕ (m)		Grad. (%) / Buz. (°)	Coordenada Inicio			Coordenada Fin			Tiempo de Ejecucion (DIAS)
					A	h		Este (E)	Norte (N)	Cota (Z)	Este (E)	Norte (N)	Cota (Z)	
1	SALIDA RB-01	CX-01	BP-4370-1 y cabeza del RB-01 (tramo1)	109.7	3.5 x 3.5		1%	333081.8	8764082	4361.5	332993.6	8764016.9	4361.1	30
2		RB-01 (tramo 1)	superficie y CX-01	295	3.1		87°	333079.2	8764077.8	4656.4	333063	8764068.2	4361.8	72
3		VN-03	NV-4300_SN-01 y pie de RB-01 (tramo 2)	21.4	3.5 x 3.5		1%	332962.5	8763993.7	4292.3	332979.2	8764007	4292.2	6
4		RB-01 (tramo 2)	CX-01 y VN-03	71	3.1		87°	332993.6	8764016.9	4361.1	332993.6	8764016.9	4361.1	18
5		CHs-01	VN-03 y NVs Prof.	18 c/CH	3 x 3		85°							4
TOTAL													130	

Fuente: elaboración propia.

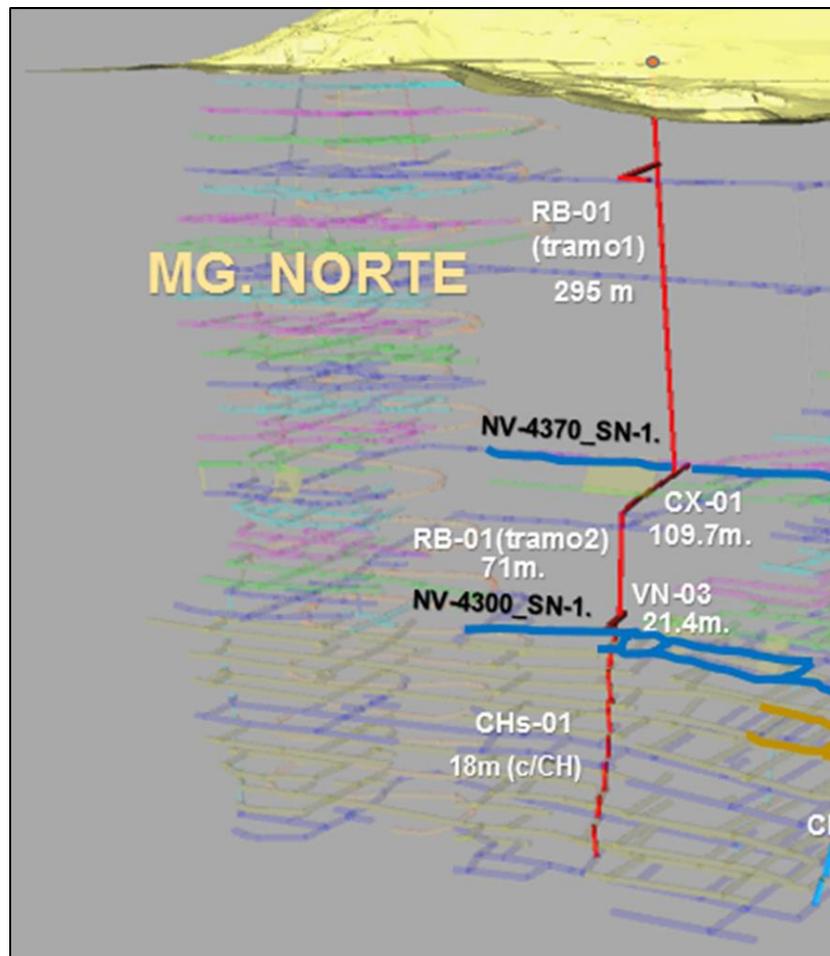


Figura 10. Desarrollo del eje de salida RB 01

Tabla 17. Cronograma de actividades RB-02.

Item	Eje	Labor	Integra/ conecta	L (m)	Sección / ϕ (m)		Grad. (%) / Buz. (°)	Coordenada Inicio			Coordenada Fin			Tiempo de Ejecucion (DIAS)
					A	h		Este (E)	Norte (N)	Cota (Z)	Este (E)	Norte (N)	Cota (Z)	
1	INGRESO RB-02	CX-02	NV-4370_SN-02 y pie del RB-02 (tramo1)	204.9	3.5 x 3.5		4%	333098.6	8763789	4368.4	333278.1	8763887.4	4377.2	50
2		RB-02 (tramo 1)	Superf. Y CX-02	244.4	3.1		90°	333278.1	8763887.4	4621.7	333278.1	8763887.4	4377.2	62
3		VN-01	RP (-)4005 y CXs-04 Y 05	39	3.5 x 3.5		1%	333089.6	8763779.8	4253.6	333052.2	8763769.2	4255.9	10
4		RB-02 (tramo 2)	CX-02 y VN-01	116.7	3.1		87	333098.6	8763789	4368.4	333081	8763777.3	4253.6	28
5		CX-03	VN-01 y NV-4230_SN-03	68.9	3.5 x 3.5		1%	333052.2	8763769.2	4255.9	333021.9	8763831.1	4258.9	18
6		CX-04	VN-01 y NV-4230_SN-04	51.9	3.5 x 3.5		1%	333052.2	8763769.2	4255.9	333062.8	8763718.5	4258.8	13
7		CHs-02 MG. Centro y Sur	CX-03 Y 04 con NVs de prof.	18 c/CH	3 x 3		85°							4

Fuente: elaboración propia.

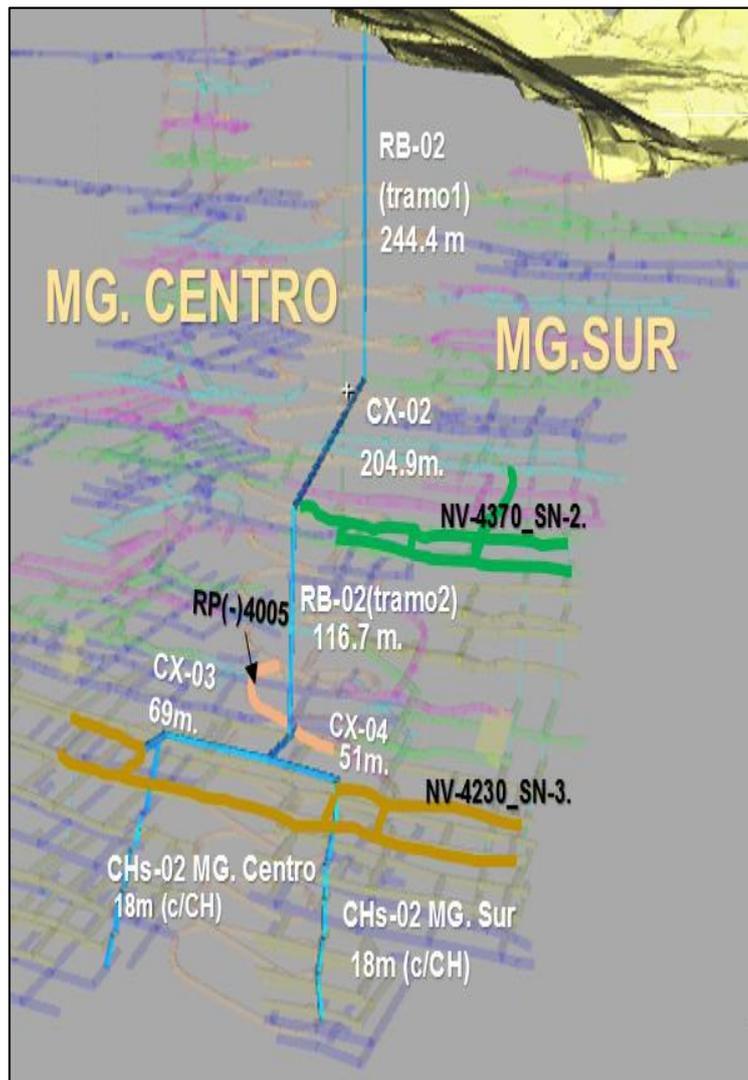


Figura 11. Desarrollo del eje de salida RB 02

4.2.3 Análisis de velocidades y temperaturas

- a. **Análisis de velocidades:** Según la simulación, las velocidades de aire en las zonas de operación son mayores a 25 m/min, ello indica el cumplimiento con las disposiciones establecidas en el D.S. N° 024-2016-EM y su Modificatoria D.S. N° 023-2017-EM. Además, brinda condiciones a los trabajadores y permite la evacuación del aire viciado en menor tiempo.

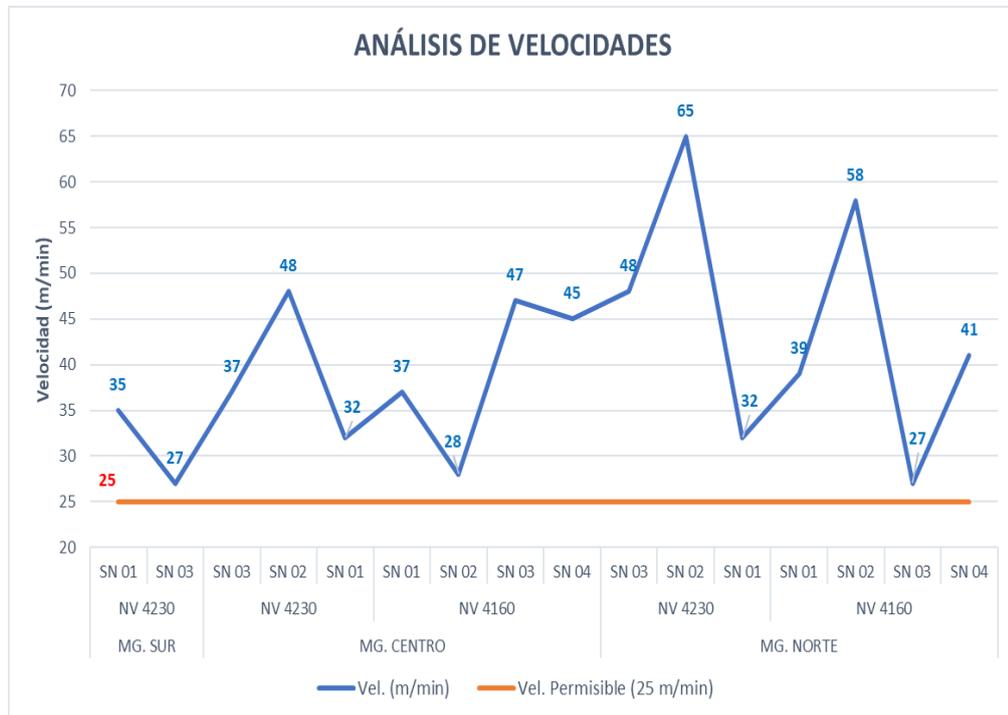


Figura 12. Análisis de velocidades

Análisis de temperaturas: Según la simulación en Ventsim, las temperaturas promedio oscilan entre 10 a 20 °C, por lo que se está cumpliendo con la normativa legal peruana.

4.3 Describir las características técnicas de los ventiladores para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander

4.3.1 Costo de energía por ventilación actual

Tabla 18. Consumo de energía por ventilación principal.

Item	Marca	Zona	Nivel	Capac. (cfm)	Presión Cota Trabajo	Pot. Real KW	Costo Energía. US\$/Kw-h	Costo US\$/año	Distrib. Energía
1	AIRTEC	MG.Norte	4680	100,000	12.3	73.5	0.098	62,237	22%
2	AIRTEC	MG.Centro	4640	160,000	6.4	150.3	0.098	127,244	46%
3	AIRTEC	MG.Sur	4530	120,000	7.5	106.1	0.098	89,845	32%
TOTAL				380,000		329.9		279,326	100%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Consumo de energía por ventilación auxiliar.

Item	Marca	Zona	Labor	Capac. (cfm)	Pot. Trabajo Nom. (HP)	*Presión Total a cota mar ("CA)	Costo Unit. (\$/KW-h)	Costo/año (\$/año)
1	AIRTEC	MG. NORTE	NV 4230 - 4	30,000	35	9	0.098	22,108
2	AIRTEC		NV 4570-2	30,000	35	9	0.098	22,108
3	AIRTEC		NV 4570-1	40,000	72	12	0.098	45,479
4	AIRTEC		NV. 4570-3	30,000	29	8	0.098	18,318
5	ATLAS COPCO		NV4370 - 1	30,000	43	10	0.098	27,161
SUB TOTAL				160,000	214			135,174
6	AIRTEC	MG. CENTRO	CH 4210 RP 4	60,000	72	12	0.098	45,479
7	AIRTEC		NV. 4300-2	30,000	29	8	0.098	18,318
8	ATLAS COPCO		NV. 4300-3	30,000	43	10	0.098	27,161
9	AIRTEC		NV. 4300-1	40,000	72	12	0.098	45,479
10	AIRTEC		NV 4370-3	30,000	35	9	0.098	22,108
11	ATLAS COPCO		NV 4370 - 2	30,000	43	10	0.098	27,161
SUB TOTAL				220,000	294			185,706
12	AIRTEC	MG.SUR	NV. 4120-3	30,000	43	10	0.098	27,161
SUB TOTAL				30,000	43			27,161
TOTAL				380,000	508			348,041

Fuente: elaboración propia.

En la medida que la mina va extendiéndose en profundidad y extensión, también el requerimiento de aire será mayor, lo que indicará la cobertura de aire menor al actual que es 91%. Es por ello, para cumplir con las disposiciones establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. N° 024-2016-EM), y su Modificatoria D.S. N° 023-2017-EM, es fundamental suministrar aire

fresco a las labores de operación y garantizar la cobertura de aire mayor al 100%. Por lo que, se plantean los Proyectos mencionados, ítems debajo.

4.3.2 Adquisición e Instalación del ventilador extractor de 200 kcfm en RB-01 – MG. Centro.

El proyecto requiere la compra de 01 ventilador axial de 200 kcfm, para la instalación en el Eje RB-01, cuyas características se especifican en la Tabla 18, se plantea la instalación en superficie.

Tabla 20. Características del ventilador para RB-01 MG. Centro

Ventilador 200kcfm					
Simulado cota trabajo		Simulado cota mar		Recomendado cota mar	
Pot. (HP)	Pres. ("CA)	Pot. (HP)	Pres. ("CA)	Pot. (HP)	Pres. ("CA)
255.5	6.5	438	11.14	500	15

Fuente: elaboración propia.

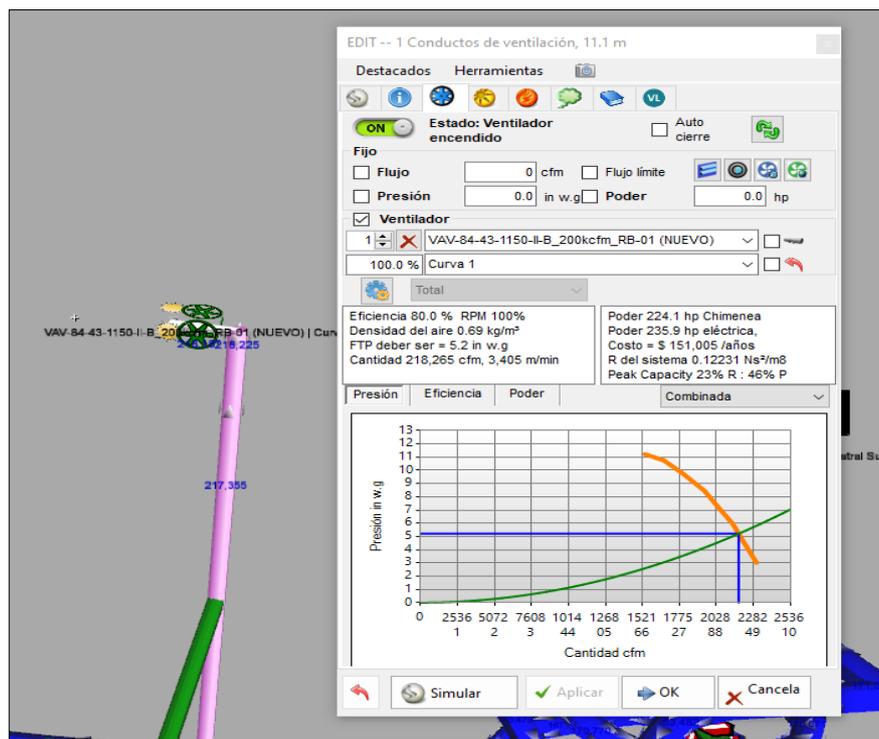


Figura 13. Curva característica del ventilador de 200 kcfm – MG Centro.

Las características de operación indican la evacuación de un caudal de 217 kcfm, con una presión total de trabajo de 5.2" CA y potencia de 235.9 HP.

4.3.3 02 ventiladores extractores de 120 kcfm en RB 4310 – MAGISTRAL CENTRO.

Con la implementación de los Ejes RB 01 y RB 02, los 02 ventiladores de 120 kcfm instalados en paralelo, funcionan sin ninguna dificultad, evacuando un caudal efectivo de 222 kcfm, con presión de 8.5 "CA y potencia de 393 HP de manera conjunta.

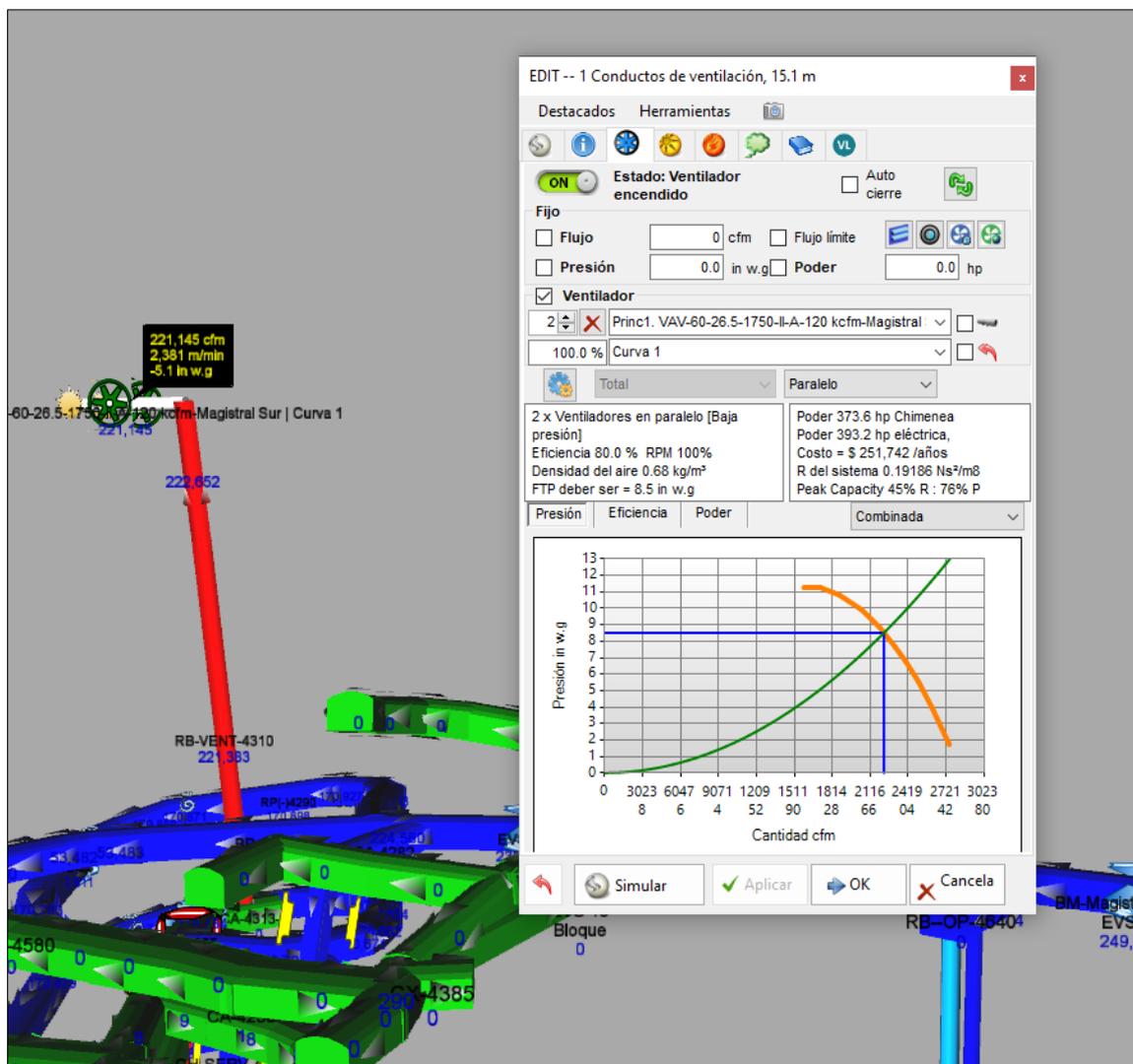


Figura 14. Curva característica de 02 ventiladores de 120 kcfm en paralelo, MG Centro.

4.3.4 01 ventilador extractor de 160 kcfm instalado RB 4670 – MG NORTE

Con la implementación de los Ejes RB 01 y RB 02, el ventilador extractor de 120 kcfm instalado en superficie, funciona sin ninguna dificultad, evacuando un caudal efectivo de 154 kcfm, con presión de 6.3 “CA y potencia de 204 HP.

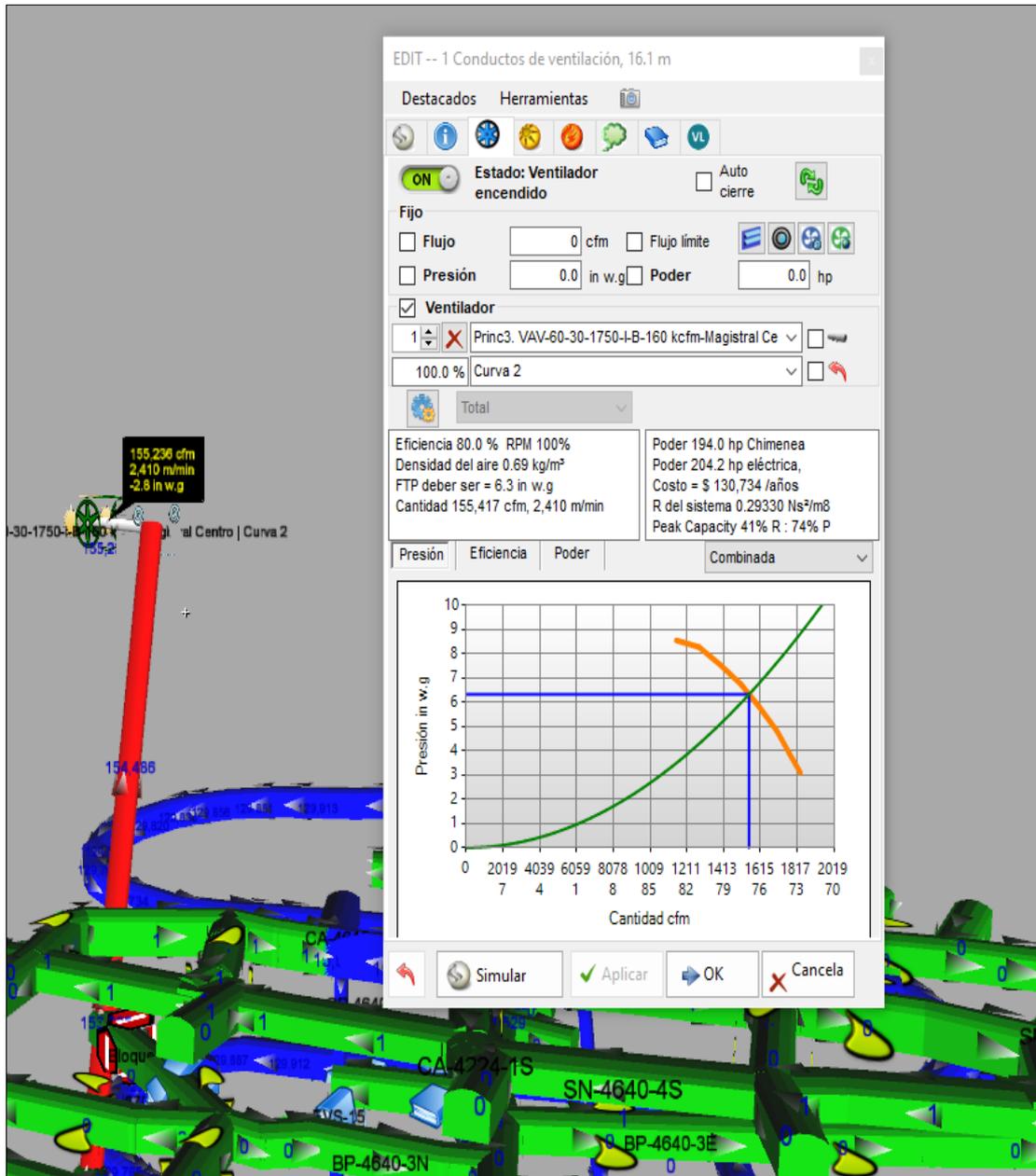


Figura 15. Curva característica de 01 ventilador de 160 kcfm, MG Norte.

4.3.5 01 ventilador extractor de 100 kcfm instalado CH 4055 – MG Sur

Con la implementación de los Ejes RB 01 y RB 02, el ventilador extractor de 100 kcfm instalado en superficie, funciona sin ninguna dificultad, evacuando un caudal efectivo de 103 kcfm, con presión de 9.8 “CA y potencia de 211 HP.

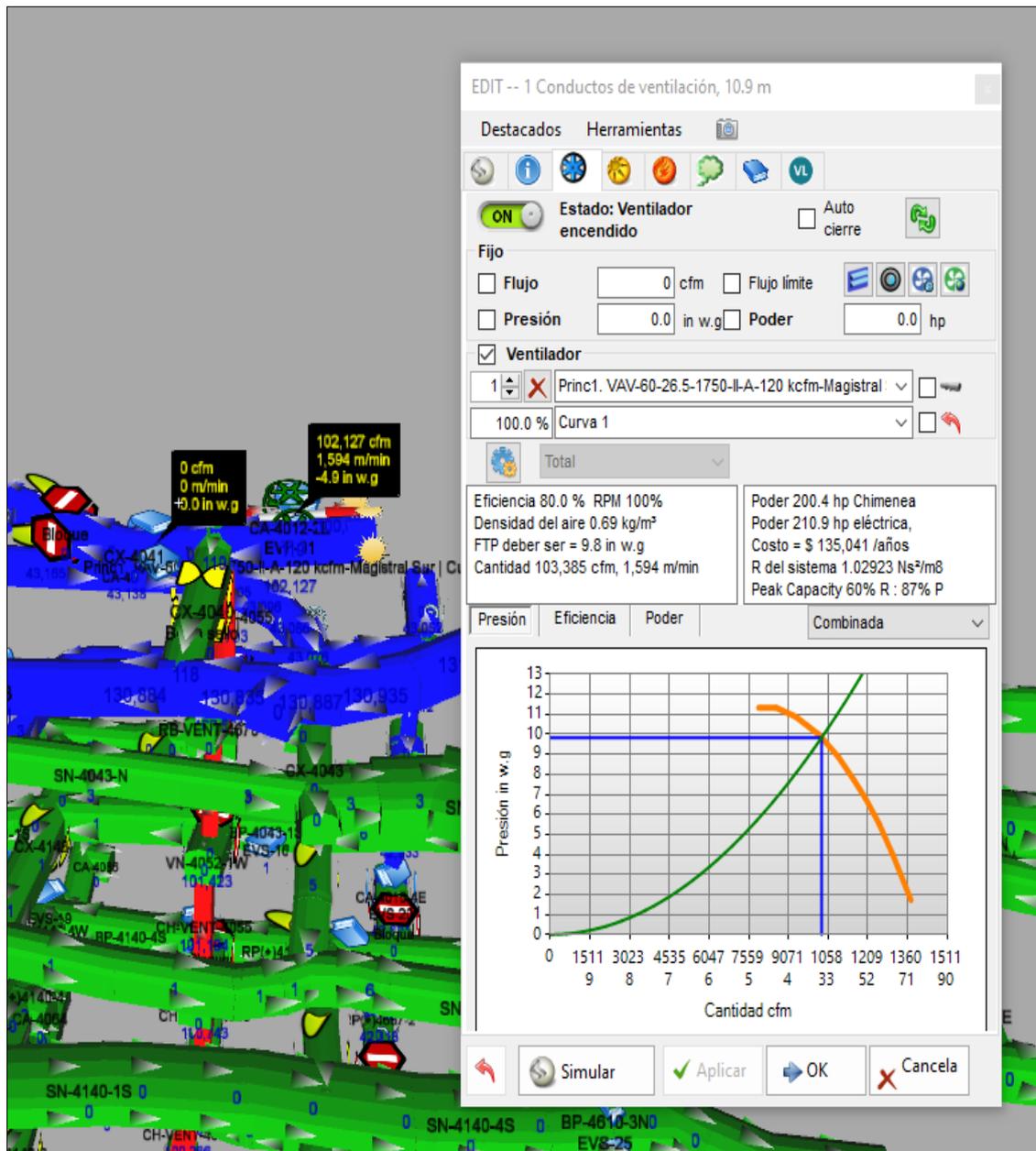


Figura 16. Curva característica de 01 ventilador de 100 kcfm, MG Sur.

4.3.6 Costo de energía por ventilación principal

Se adiciona el funcionamiento de un ventilador nuevo de 200 kcfm en el sistema, cual será instalado en el eje RB-01 como extractor de aire viciado. En consecuencia, el costo de energía proyectado en el sistema es US\$ 644,354/año (simulado en ventsim).

Tabla 21. Costo de energía por ventilación proyectado.

Item	Marca	ZONA	Nivel	Capac. (cfm)	HP Nom.	HP Cota Trabajo	Costo Energía. US\$/Kw-h	Costo US\$/año	Distrib. Energía
1	AIRTEC	MG. Norte	Superf.	160,000	365	210.6	0.098	127,008	20%
2	AIRTEC	MG. Centro	Superf.	120,000	250	180.38	0.098	122,774	19%
3	AIRTEC		Superf.	120,000	250	180.38	0.098	122,774	19%
4	AIRTEC		Superf.	200,000	550	239.00	0.098	139,709	22%
5	AIRTEC	MG. Sur	Superf.	120,000	250	180.38	0.098	132,088	20%
TOTAL				720,000	1,665			644,354	100%

Fuente: elaboración propia

4.3.7 Costo operación OPEX

Corresponde a 3 años y el costo estimado es de US\$ 1,168,522; de las cuales el 76% corresponde al suministro de energía eléctrica, 15% a mano de obra, 4% a colocación de tapones, reductores de caudal, instalación de ventiladores secundarios, mangas entre otros y el 5% corresponderá al mantenimiento y los repuestos de los ventiladores estacionarios y auxiliares.

El costo operativo será del 31% mayor con relación al escenario a Corto Plazo; este incremento se debe a mayor consumo de energía eléctrica; debido al incremento de fricción, choque por mayor cantidad de labores mineras en los NVs de la profundización. La Cobertura de aire fresco será entonces del 108%; es decir 7% mayor con respecto al escenario anterior.

Tabla 22. Costos del Opex actual y proyectado.

Ítem	Descripción	U/M	Actual	Proyectado
1	Periodo	años		3.0
2	Producción Mineral	TM/año	720,000	720,000
3	Costo U. energia	US\$/Kw-h	0.098	0.098
4	Caudal requerido	cfm	472,828	623,277
5	Caudal de ingreso aire	cfm	334,194	526,751
6	Caudal de Salida aire	cfm	338,900	540,410
7	Eficiencia de red	%	62%	64%
8	Cobertura	%	71%	85%
9	Perdidas fricción	kW	232	445
10	Perdidas Choque	kW	49	67
11	Potencia Eléctrica	kW_año	3,285,276	6,094,571
12	Costo consumo energía	US\$/año	321,957	597,268
13	Mano de obra	US\$/año	184,611	184,611
14	Costo de regulación de flujo	US\$/año		44,000
15	Mantenimiento	US\$/año	20,927	38,822
Total Absoluto		US\$/año	527,496	864,702

Fuente: elaboración propia.

4.3.8 Costos de inversión CAPEX

En este escenario la línea de tiempo será de 3 años. Involucra dos zonas:

- MG. Centro: La inversión para el desarrollo de los ejes de ingreso y salida de aire será de US\$ 1'939,345 y por obras civiles más los acondicionamientos de la máquina Raise Boring y del ventilador de 200 Kcfm el costo será de US\$ 446,280.
- MG. Sur: La inversión es para la prolongación de las CHs de ingreso y salida de aire con un costo de US\$ 341,744.

En consecuencia, la suma total CAPEX a Largo Plazo será de US\$ 2'727,370.

Tabla 23. Costo CAPEX por desarrollo de labores

Item	Proyecto	Descripción	Nivel	Zona	Diámetro (m)	Longitud	Cant.	Buzamiento	P.U. / m	Costo
					Sección (m)	m		Gradiente	US\$/m	US\$
1	Desarrollo de los ejes de ventilación	RB-02-Tramo 01	Superf. a NV-4370_SN-2	MG. Centro	3.10	244.4	1	90°	1,588	388,107.2
2		RB-02-Tramo 02	NV-4370_SN-2 a NV-4230_SN-4		3.10	116.7	1	87°	1,588	185,319.6
3		RB-01-Tramo 01	Superf. a NV-4370_SN-1		3.10	295.0	1	87°	1,588	468,460.0
4		RB-01-Tramo 02	NV-4370_SN-1 a NV-4300_SN-1		3.10	71.0	1	87°	1,588	112,748.0
5		CX-01	NV-4370_SN-1		3.5 x 3.5	109.7	1	1°	1,236	135,589.2
6		CX-02	NV-4370_SN-2		3.5 x 3.5	204.9	1	4°	1,236	253,256.4
7		CX-03	NV-4230_SN-4		3.5 x 3.5	68.9	1	1°	1,236	85,160.4
8		VN-01	NV-4230_SN-4		3.5 x 3.5	39.0	1	1°	1,179	45,981.0
9		VN-02	NV-4580_SN-1		3.5 x 3.5	53.3	1	1°	1,179	62,840.7
10		VN-03	NV-4300_SN-1		3.5 x 3.5	21.4	1	1°	1,179	25,230.6
11		CH-01	NV-4300_SN-1 a NV-4160_SN-1		3.0 x 3.0	18.0	8	85°	701	100,944.0
12		CH-02 MG.Centro	NV-4230_SN-4 a NV-4160_SN-1		3.0 x 3.0	18.0	6	85°	701	75,708.0
SubTotal										1,939,345.1

Fuente: elaboración propia

Tabla 24. Costo CAPEX obras civiles y acondicionamiento de ventilador.

Item	Proyecto	Descripción	Nivel	Zona	Cant.	P.U. / m	Costo
						US\$/m	US\$
1	Obras Civiles y Acondicionamiento del Raise Borer y Ventilador	Desinstalación, movilización e instalación - Raise Boring	Superficie	MG. Centro	4	20,000	80,000
2		Base de anclaje Raise Boring			4	9,570	38,280
3		Compra de ventilador de 200 kcfm			1	300,000	300,000
4		Base concreto para ventilador 200 kcfm			1	20,000	20,000
5		Instalación del ventilador 200 kcfm			1	8,000	8,000
SubTotal							446,280.0

Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Costo CAPEX por desarrollo de labores.

Item	Proyecto	Descripción	Zona	Diámetro (m)	Longitud	Cant.	Buzamiento	P.U. / m	Costo	
				Sección (m)	m		Gradiente	US\$/m	US\$	
1	Desarrollo de los ejes de ventilación	CX-04	MG. Sur	3.5 x 3.5	51.9	1	1°	1,236	64,148	
2		CH-02 MG.Sur		3.0 x 3.0	18.0	6	85°	701	75,708	
3		CH-VENT-4055		3.0 x 3.0	18.0	8	85°	701	100,944	
4		CH-WP-4015		3.0 x 3.0	18.0	8	85°	701	100,944	
SubTotal										341,744.4

Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Según el objetivo específico, Calcular el caudal de aire actual y proyectado en los magistrales norte, centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, se determinó el cálculo de la cobertura de aire actual en un 91% global y un déficit 41,682 cfm, luego de la simulación del desarrollo de las chimeneas principales de los Ejes RB 01 y RB 02 se logra calcular una cobertura de aire proyectado en un 108% y un Superávit de 50, cfm, cual sustenta la influencia favorable, asegurando la continuidad de las operaciones en el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander. se logró determinar el levantamiento de información en campo, para ver la realidad en que se encuentra la U.M. Santander, gracias a la determinación información, se logró realizar el estudio y la simulación través del software ventsim lo cual influye de manera favorable en el sistema de ventilación.

Resultados que, al ser comparado con lo encontrado por Muñoz y Salazar (2018), se encontró que el tema de esta tesis contrasta con el contenido para ser llevado a cabo el objetivo del proyecto minero Papelillo, la evaluación de rendimientos a partir de la calidad y cantidad del aire en el proceso de aprovechamiento. Se uso VentSim 5.0TM, un método informático especial para diseñar y modelar redes de ventilación, con parámetros simples y acceso fácil. Usando el software VentSim 5.0TM, fue posible diseñar una red de ventilación, obtener información en tiempo real sobre las características de los ventiladores. Además, el uso del software pudo explicar los ventiladores y parámetros de operación. Es indispensable analizar los parámetros de las variables independientes y dependientes, método de minado, sus dimensiones, relación de minado, gradiente geotérmico, emisiones de gases, flujo de aire, presión de aire; análisis de resultados basados en el uso de software.

El resultado del diseño y modelado del sistema de ventilación del proyecto Papelillo fue que la red de ventilación consta de un ventilador principal con una capacidad de 15 m³/min y cuatro ventiladores con un caudal de 3 m³/min cada uno y una presión de 310 Pa. con una eficiencia del 76,9%.

La Ventilación de la mina tiene en cuenta variables como el cálculo del flujo de aire necesario para el bienestar y la salud del personal minero, controles de humedad y la temperatura en el sitio de la mina, así como el control de gases en la mina. explotación (Niño *et al.*, 2015, p.1).

Según el objetivo específico, Determinar la sección óptima de las chimeneas en los magistrales centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, actualmente no se tenía determinado la sección óptima de las chimeneas en los magistrales centro y sur, es por eso que realiza un estudio, donde se obtuvo resultados de acuerdo al método algebraico para determinar la selección de la sección óptima de la chimenea la tangente a la curva del costo anual (CT) representa el punto de menor costo. Por tanto, el tamaño óptimo del RB-01 es 2.10 m y la simulación utilizando el modelo 3D Ventsim del sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, se toma como desarrollo el eje de ingreso de aire fresco RB-02 y la salida de aire viciado RB-01, considerando el análisis para la selección óptima de las secciones de las chimeneas influyendo de manera favorable en el sistema de ventilación de la U.M. Santander.

Resultados que, al ser comparado con lo encontrado por Quispe (2019) existen datos que contrastan con el contenido de los objetivos ya que en los niveles 1790 y 1740 en la Unidad de Producción Alpacay se diseñó y construyó el Pique 480; desarrollo posterior y trabajos preparatorios, tales como: galerías, cruceros, chimeneas, subniveles, que serán utilizados para la extracción de reservas minerales.

Utilizando el método de corte y relleno ascendente, cuyo grado promedio es de 14 g Au/TM y espesor tipo rosario de 55 cm. La discusión es sobre la razón, propósito y supuesto de la investigación; luego geología y geomecánica de yacimientos mineralizados, minería y metalurgia.

Se ha considerado los parámetros durante la construcción del pozo 480 son: tipo convencional, vertical, roca tipo IIIA, longitud 50 m, sección 1,20 m x 2,40 m, izaje con cabrestante eléctrico, remolque de carros U-35 en minería, vaquero remolcado

Lokomotiva 4 MT. Los resultados finales muestran que la explotación es una técnica y económicamente viable para construir operaciones mineras, obteniendo beneficios económicos y financieros para una empresa como VANE de \$ 1.330.117,00; TIR 200,70%; B/C en 3,67; Indemnización de 6,57 meses.

Una vez descritos los antecedentes de estudio, referente a las variables, se menciona las teorías relacionadas respecto, a la variable chimenea principal, la cual es una ventilación que recorre toda la mina para el suministro de aire fresco y la eliminación del aire viciado de forma regular. (Llacho y Vargas, 2020, p.14).

Para la segunda variable de estudio, el sistema de ventilación es importante para garantizar una seguridad y excelentes condiciones en el lugar de trabajo, es importante que cada mina cuente con un circuito de ventilación designado, ya que esto garantiza la demanda de aire requerida en las áreas donde se necesita (Bustamante, Daza y Bustamante, 2017, p. 5).

Según el objetivo específico, Describir las características técnicas de los ventiladores para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, Cabe recalcar que la adquisición e instalación del ventilador de 200 kcfm, según sus características, cuyo funcionamiento incrementa la extracción de aire viciado y forzado en la inyección de aire fresco para garantizar la cobertura de aire mayor al 100%. Además, con la instalación de ventiladores auxiliares con sus accesorios, ductos de ventilación y estandarización en la instalación de los controles de ventilación influyen de manera favorable en el sistema de ventilación en la U.M. Santander.

Resultados que al ser comparado con lo encontrado por Vergaray (2017), cuyo objetivo en la mina Charito tiene labores ciegas, por lo que se utiliza ventilación auxiliar. Inicialmente, la técnica de ventilación usado se combinó con dos ventiladores de 10,000 CFM, uno de los cuales se instaló como entrada y el otro como salida; El principal inconveniente es el largo tiempo de ventilación para la extracción de los gases generados durante la explosión y la necesidad de

ventilación en otros lugares de la mina, lo cual no estaba previsto en el primer sistema.

Se ejecutó un levantamiento de ventilación y cálculos que determinan el caudal requerido para el presente estudio; representando dos escenarios, el primero examinando el flujo requerido para humanos y el segundo para derretir los gases producidos por la explosión. Suponiendo que el flujo requerido en la fase de desarrollo es de 8534 CFM, tenga en cuenta que el flujo para los empleados es de 2966 CFM, cuyo valor es inferior a la demanda de los empleados.

A partir de los hallazgos encontrados en el objetivo general que establece que existan relaciones con el tema Chimeneas Principales y su influencia en el Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Santander dándose que la minas en mención desean obtener los mismos resultados con una ventilación óptima y aumento de personal para la mayor producción del mineral en diferentes lugares, pero con mismos objetivos.

Los factores que influyen la distancia de chimenea, las cuales son comunes en las operaciones mineras son los aspectos geológicos, el método de explotación y los aspectos económicos (Ortiz y Canchari, 2016, p.133)

Asimismo la velocidad, la cantidad mínima de aire que circula en las partes subterráneas, se calcula por la cantidad del personal, su altitud, los gases o vapores nocivos y gases explosivos e inflamables, se cumple lo siguiente: excavaciones mineras hasta 1500 m.s.n.m – 3m³/min por cada trabajador. La cantidad mínima de aire a que se refiere este artículo deberá incrementarse de acuerdo con la calidad y cantidad de sustancias nocivas presentes en la atmósfera; es con el fin de mantener condiciones higiénicas adecuadas (Córdoba y Molina, 2015, p.75).

VI. CONCLUSIONES

1. Respecto al objetivo, Calcular el caudal de aire actual y proyectado en los magistrales norte, centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, Según el anexo 38 como base legal el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional del estado peruano, Modificatoria D.S. N° 023-2017-EM, el requerimiento total de aire actual calculado en los magistrales norte centro y sur es de 472,828 cfm, ingreso de aire 431,145 cfm, salida de aire 432,531 cfm con una cobertura de 91% y un déficit 41,682 cfm, el requerimiento total de aire proyectado calculado en los magistrales norte centro y sur es de 623,277 cfm, ingreso de aire 673,749 cfm, salida de aire 697,820 cfm con una cobertura de 108% y un Superávit de 50, cfm
2. Respecto al objetivo, Determinar la sección óptima de las chimeneas en los magistrales centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, Según el método algebraico se determinó lo siguiente, el diámetro (D) = 2,1 m, el perímetro (C) 3.46m, área (A) = 6.60m², Caída de presión (Hf) = 682 Pa, Potencia al freno (Pm) = 65 kW, Costo Capital (CC) = Longitud* Costo excavación (Ce) = 370 m *1,288 \$/m = US\$ 476,560, Costo de operación (CO) = Cf*Pm =0.098 \$/kW-h*24*365*65 kW = US\$ 55,613 / año, Costo Total (CT) = CC+CO = 476,560 + 55,613 = US\$ 532,173 /año.
3. Respecto al objetivo, Describir las características técnicas de los ventiladores para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander, se ha seleccionado un ventilador principal axial, sus características son las siguientes de 200 kcfm, presión total de 7 "CA y potencia de 270 HP a nivel de operación y 2 ventiladores extractores para el magistral centro con las siguiente características 120 kcfm, caudal efectivo de 222 kcfm, presión de 8.5" CA y potencia de 393 HP de manera conjunta, lo cual influye de manera favorable para la U.M. Santander.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es fundamental desarrollar nuevos ejes de ventilación utilizando el software Ventsim, ya que nos permite plantear alternativas de solución a los problemas en los sistemas de ventilación principal y auxiliar y lo más importante dando cumplimiento a las normas establecidas por el estado peruano y cuidando la seguridad de nuestros colaboradores.
2. Es de carácter fundamental realizar monitoreos continuos, cada vez que se desarrollen nuevos proyectos, zonas críticas y así cumplir con las leyes peruanas.
3. Es recomendable utilizar un software de ventilación o cálculos para analizar los costos de inversión y operación para el planteamiento de nuevos ejes de ventilación con secciones óptimas en base a las reservas minables.
4. Los ventiladores principales juegan un rol importante en los sistemas de ventilación, ya que de estas turbomáquinas dependen la depresión y el movimiento del flujo de aire en el sistema de ventilación. Por ello, es recomendable, realizar un análisis y simulación detallada para que una vez instaladas funcionen de manera correcta.

REFERENCIAS

1. ARCE, Diana., LIMA, Fernenado., ORELLANA, Marcos., ORTEGA, Jhon., SELLERS, Chester y ORTEGA, Patricia. *Discovering behavioral patterns among air pollutants: A data mining approach*. Revista enfoque UTE [en línea]. Octubre- Diciembre 2018, n°4. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/5722/572262097016/572262097016.pdf>
2. ÁLVAREZ, Carlos., ARIAS, Carlos., BUILES, Juan., ORDOÑEZ, Juan. y ZAPATA, Germán. *Evaluation of load losses in the ventilation circuit by the use of fortification in coal mines, study case: Nechí Mine, Amagá, Antioquia*. Boletín de ciencias de la tierra [en línea]. Noviembre 2015, n°1. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169532839005>
3. BASCOMPTA, Marc., CASTAÑÓN, Ana. y SANMIQUEL, Luís. *Heat flow assessment in an underground mine: An approach to improve the environmental conditions*. Revista Dyna [en línea]. Junio 2016, n°197. [Fecha de consulta: 26 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/496/49645986023.pdf>
4. BUSTAMANTE, Moisés., DAZA, Alan. y BUSTAMANTE, Pablo. *Simulation software VENTSIM™ the influence of implementation of work abandoned sealings ventilation of an underground coal mine* [en línea]. Enero-Julio 2017, n°43. [Fecha de consulta: 26 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/1695/169555640001/169555640001.pdf>
ISSN: 0120-3630
5. CAJAHUANCA, Junior. *Influencia del sistema Raise Boring en la ventilación de la zona I-B NV. 4530 de la Veta Alexia de la Unidad Minera Arcata – Cia Minera Ares S.A.C*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. Disponible en:

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5652/T010_71474348_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

6. CASTILLO, Daniel. *Evaluación del sistema de ventilación de la mina El Roble*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica de Colombia, 2017. Disponible en:
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1886/1/TGT-457.pdf>
7. CHÁVEZ, Juan y GARCÍA, Edwin. *Análisis geomecánico y diseño de estabilidad física e hidrológica de labores mineras subterráneas en Santillana, Ayacucho 2020*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26309/Ch%C3%A1vez%20D%C3%ADaz%2CJuan%20Jos%C3%A9%20-%20Garc%C3%ADa%20Campos%2C%20Edwin%20Alexis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. CÓRDOBA, Cristian. y MOLINA, Jorge. *Characterization of ventilation systems in underground mines* [en línea]. Julio 2015, n°29. [Fecha de consulta: 26 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169522486006>
ISSN: 0120-3630
9. DURAN, Jimmi. *Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea – mina Colquijirca CIA. de minas Buenaventura S.A.A.* Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018. Disponible en:
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026_72490254_T.pdf
10. ESPINOZA, Dulce. *Ethical considerations in the process of a scientific publication*. Revista médica clínica Las Condes [en línea]. Mayo – junio 2019, n°3. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300380>

11. FUENTE, Edinson y SILVA, Flavian. *Propuesta de análisis técnico comparativo entre la ampliación de una chimenea y un ventilador axial en un sub nivel de una mina subterránea, Cajamarca*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. Disponible en:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14092/Fuentes%20Flores%20Edinson%20-%20Silva%20Diaz%20Flavian%20Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. GÓMEZ, Jesús., VILLASÍS, Miguel y MIRANDA, María. *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. Revista alergia México [en línea]. abril – junio 2016, n°2. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
13. GUEVARA, Iván y VILLANUEVA, William. Evaluación y propuesta del sistema de ventilación en el subnivel 058 en minera Troy S.A.C
14. GUTIÉRREZ, Alejandra., FERRERO, Amparo., ESPULGUES, Ana., IÑIGUEZ, Carmen. y BALLESTER, Ferran. *Exposure to nitrogen dioxide and respiratory health at 2 years in the INMA-Valencia cohort*. Revista Gac Sanit [en línea]. Mayo 2018, n°6. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.scielosp.org/pdf/gs/2018.v32n6/507-512/es>
15. HELGUERO, Hernán y MEDINACELI, Rubén. *Mining Robot: Gas Detection System using Real Time Sensors MIN – SIS 1.0 SDG-STR*. Revista de medio ambiente y minería [en línea]. junio 2020, n°1. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522020000100003
16. HENRÍQUEZ, Gloria y URREA, Claudio. Association between air pollution and emergency consultations for respiratory diseases. Revista médica en Chile. [en línea]. junio 2027, n°11. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872017001101371

17. KERGUÉLEN, Jorge., GONZÁLEZ, Víctor. y JIMÉNEZ, Jovani. *Techniques for determining parameters in the preparation of a fan circuit in underground coal mining using programming structured* [en línea]. Enero – junio 2015, n°33. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169528792012>

18. LÓPEZ, Andrea., BENÍTEZ, Ximena., LEÓN, María., MAJI, Pedro., DOMINGUEZ, Daniel y BAEZ, Domenica. *Observation. First step of the clinical method*. Revista Cubana de Reumatología [en línea]. Mayo – agosto 2019, n°2. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2022]. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-59962019000200014

19. LLACHO, Ubaldo y VARGAS, Armando. *Estudio del sistema de ventilación para el control de agentes químicos y físicos, U.O Pallancata – veta Pablo – 2018*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2020. Disponible en:
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3417/Ubaldo%20Llacho_Armando%20Vargas_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

20. MOLINA, Liliana., VERA, Nury., PARRALES, Gina., LAÍNEZ, Amarilis y CLERY, Arturo. *Investigación aplicada en ciencias sociales*. Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2017.
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3935/2/INVESTIGACION%20APLICADA%20EN%20CIENCIAS%20SOCIALES..pdf>

21. MONTROYA, Gabriel. *Diseño de una red de ventilación para extracción de Iso recursos minerales en la concesión Santa Clotilde II Chongoyape 2018*. Tesis

(Pregrado de Ingeniero de mina). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36170/B_Montoya_CGN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

22. MORENO, Antonio. *Population and Nitrogen Dioxide Urban Air Pollution in Madrid: A GIS Based Environmental Analysis*. Revista Universidad de granada [en línea] mayo 2015, n°52. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022].

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17128112005>

23. MUÑOZ, Cesar y SALAZAR, Lourdes. *Modelamiento del sistema de ventilación del proyecto minero Papelillo – Namora, 2018, utilizando el software Ventsim 5.0*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14650/Mu%C3%B1oz%20Rios%20Cesar%20Humberto%20-%20Salazar%20Izquierdo%20Lourdes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

24. NIÑO, John., MORENO, Marlon., NOVA, Juan. y SALAMANCA, Juan. *Design and construction of a teaching prototype for the study of control strategies applied to the ventilation of gas in underground mines*. Revista UPTC [en línea] mayo 2015, n°1. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096138.pdf>

25. ORCHE, Enrique. *Air quality in the underground museum. Proposal of reference indices* [en línea] diciembre 2020, n°2. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v5n2/v5n2_a05.pdf

26. ORTIZ, Oswaldo y CANCHARI, Godelia. *Optimum spacing of levels and raises for the underground mining exploitation* [en línea] enero-junio 2016, n°37. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12965/11581>

27. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. *Sampling Techniques on a Population Study*. *Internacional journal of morphology* [en línea] marzo 2017, n°1. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037
28. PÉREZ, Diego. *Study of Polluting Emissions Using Local Fuels*. *Revista INNOVA* [en línea] Febrero 2017, n°1. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6369767.pdf>
29. PÉREZ, Juan. *Gestão humana de orientação analítica: Um caminho para a responsabilização Analytical orientation human management: A path to responsabilization*. *Revista de administración de empresas* [en línea] enero – febrero 2016, n°1. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rae/a/m46dNGpzKGHvvSswzq78KWJ/?format=pdf&lang=es>
30. PORTILLA, Víctor. *Evaluación de la calidad de aire para proponer un sistema de ventilación del socavón San Luis 2019, distrito San Luis, provincia San Pablo, región Cajamarca*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de mina). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23022/Portilla%20Y%c3%a9pez%20V%c3%adctor%20Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
31. QUEROL, Xavier. *La calidad del aire en las ciudades*. Ed. 1°. Disponible en: <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>

32. QUISPE, Abel. *Diseño y construcción de pique 480 y labores de desarrollo para viabilizar la explotación de la veta Esperanza entre los niveles 1790-1740 zona Cerro Rico – U.P. Alpacay*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9283/IMquchag.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
33. RAMÍREZ, Nicolás y FUENTES, Claudio. *Modelamiento del sistema de ventilación y control de metano con el simulador Ventsim en la mina subterránea de carbón Fezmine, Polonia*. Tesis (Pregrado de Ingeniero civil de mina). Polonia: Universidad de concepción, 2019. Disponible en: http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/332/Tesis_Modelamiento_del_sistema_de_ventilacion_y_control_de_metano.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y
34. RAMOS, Daniel. *Desarrollo de chimeneas de ventilación, ore pass y waste pass utilizando el método de perforación raise boring para la continuidad de labores mineras en la unidad San Rafael*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14275/Ramos_Percca_Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
35. RIVAS, Jesús. *Diseño del sistema de ventilación de la mina subterránea de oro “Sosa Méndez”. municipio el Callao, EDO Bolívar – Venezuela*. Tesis (Maestría de Ingeniero de minas). Venezuela: Instituto Superior Minero Metalúrgico de MOA, 2014. Disponible en: <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1805/Rivaschac%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
36. SUTTY, Jesús. *Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano S.A.C – Puno*. Tesis (Pregrado de Ingeniero de minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016. Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3539/Sutty_Vilca_Jesus_Alberto.pdf

37. VEGA, A., MAGUIÑA, Jorge., SOTO, Alonso., LAMA, Jaime. y CORREA, Lucy. *Estudios transversales*. Revista de la facultad de medicina humana. [en línea] enero – marzo 2021, n°1. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2022]. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2308-05312021000100179&script=sci_arttext

38. VENTURA, José. Population or sample? A necessary difference. *Revista Cubana de Salud Pública*. [en línea] octubre – diciembre 2017, n°4. [Fecha de consulta: 27 de enero de 2022]. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000400014

39. VERGARAY, Roy. *Optimización del sistema de ventilación de la mina Charito, compañía minera Poderosa S.A. Tesis* (Pregrado de Ingeniero de minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017. Disponible en:

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10033/Vergaray%20Valle%2c%20Roy%20Marlon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

40. VILLAVICENCIO, María., GARCÍA, Juan y OMayra, Almeida. *Study of aqueous polymer solutions for carbon dioxide absorption*. Ingeniería, investigación y tecnología. [en línea] noviembre 2017, n°4. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2022]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/journal/404/40458316006/40458316006.pdf>

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
CHIMENEAS PRINCIPALES Y SU INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA UNIDAD MINERA SANTANDER – HUARAL							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS	ANÁLISIS DE DATOS
<p>¿De qué manera influye las chimeneas principales en el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander - Huaral?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Determinar si las chimeneas principales influyen en el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander – Huaral.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS :</p> <p>Calcular el caudal de aire actual y proyectado en los magistrales norte, centro y</p>	<p>Las chimeneas principales influyen en el movimiento del aire en mayor cantidad y garantiza el cumplimiento del requerimiento de aire en el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander – Huaral.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE :</p> <p>Chimeneas principales.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander.</p>	<p>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN :</p> <p>Cuantitativo.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN :</p> <p>Aplicada.</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN :</p> <p>experimental.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN :</p> <p>Descriptivo.</p>	<p>POBLACIÓN :</p> <p>Conjunto de labores que integran el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander.</p> <p>MUESTRA: se consideró como muestra el conjunto de labores de la unidad minera Santander.</p>	<p>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Técnica de la observación.</p> <p>INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Guía de observación.</p> <p>Guía de análisis documental.</p>	<p>Método analítico.</p> <p>Método sistemático.</p>

	<p>sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander.</p> <p>Determinar la sección optima de las chimeneas en los magistrales centro y sur para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander.</p> <p>Describir las características técnicas de los ventiladores para el sistema de ventilación de la Unidad Minera Santander</p>						
--	--	--	--	--	--	--	--

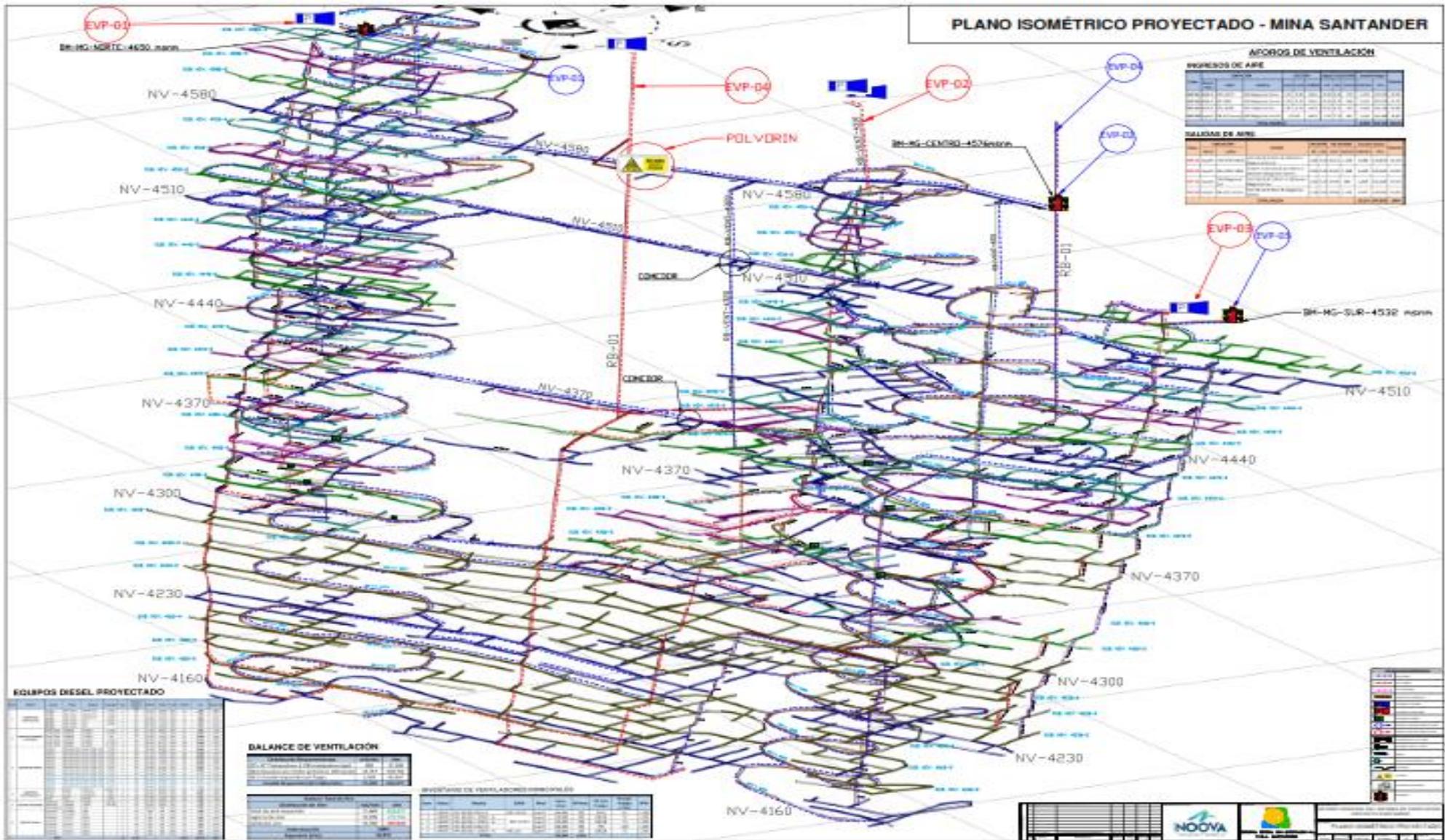
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 02. Cuadro de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición	Unidad de medición
V.I.: Chimeneas Principales	Chambi (2014) define que las chimeneas principales son labores verticales de desarrollo y preparación, que se efectúa de abajo hacia arriba, donde se inicia en una galería base y comunica a galería de nivel superior (p. 75).	La variable independiente se evaluó mediante las dimensiones siguientes: • Aire viciado, Aire Fresco, Tapones	Aire viciado	cobertura	Razón	%
			Aire fresco	cobertura	Razón	%
			Tapones	Corto plazo	Razón	meses
V.D.: Sistema de Ventilación	Torres (2014) Se puede definir un sistema de ventilación como el método y conjunto de elementos empleados para ventilar una labor subterránea debido a su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva	La variable dependiente se evaluó mediante las dimensiones siguientes: • Caudal, Velocidad de aire, gases presentes	Caudal	m/s	Razón	m/s
			Velocidad de aire	Aire	Razón	m/s
			Gases presentes	CO	Razón	PPM PPM % %
				NO2		
CO2						
O2						

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 04. Plano Isométrico Proyectado.



ANEXO 05. Levantamiento de ventilación de aforos, recolección de datos.

5.1 Ingreso de aire:

Estac.	UBICACIÓN			VELOCIDAD (m/s)									HORA	Temp °C		SECCIÓN			AREA m2	VELOCIDAD		Caudal Campo		Referencia Campo																		
	Nivel- Piso	Labor	Detalle	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T°C	HR %	a (m)	h (m)	FORMA		m/s	m/min	m3/min	cfm																			
EVP-01	4580-4	RP(-)4507	BM Magistral Norte	2.30	2.60	2.55	2.30	2.00	2.10	2.40	2.53	2.51	14:00:00	5.7	63.0	5.47	3.98	BAUL	20.42	2.37	142	2,898	102,357	23.7%																		
EVP-02	4580-1	BP-4580	BM Magistral Centro	4.02	4.07	3.35	3.21	4.04	4.06	4.07	4.00	3.25	17:40:00	4.4	87.0	5.40	3.95	BAUL	20.01	3.79	227	4,544	160,485	37.2%																		
EVP-03	4510-2	RP(-)4005	BM Magistral Sur	4.08	4.01	4.14	3.76	3.61	3.39	3.50	3.30	2.65	16:30:00	7.8	71.9	4.87	4.46	BAUL	20.37	3.60	216	4,406	155,602	36.1%																		
EVP-04	4510-2	CX-4041	BM Magistral Sur, lado del vent. 120 kcfm	0.46	0.34	0.30	0.40	0.43	0.39	0.32	0.26	0.31	16:50:00	8.2	72.0	5.27	3.40	BAUL	16.81	0.36	21	360	12,702	2.9%																		
TOTAL INGRESO																																								12,209	431,145	100.0%

5.2 Salida de aire:

Estac.	UBICACIÓN		Detalle	VELOCIDAD (m/s)									HORA	Temp °C		SECCIÓN		VELOCIDAD		Caudal Campo		%																			
	Nivel	Labor		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		°C	%	Ø	m2	m/s	m/min	m3/min	cfm																				
EVP-01	4680	Superf. RB-VENT-4670	VAV-60-26.5-1750-II-A-100 kcfm-Magistral-Norte	13,70	14,12	21,26	15,20	23,25	24,06	14,08	20,35	24,06	8:50:00	14,8	40,0	2,05	3,30	18,91	1.134	3.744	132.218	30,6%																			
EVP-02	4640	Superf. RB-VENT-4310	VAV-60-30-1750-I-B-160 kcfm-Magistral-Centro	24,82	29,60	24,56	25,92	20,01	27,80	32,00	33,50	29,23	9:50:00	12,0	50,0	2,00	3,14	26,92	1.615	5.075	179.209	41,4%																			
EVP-03	4530	Superf. BM Magistral Sur	VAV-60-26.5-1750-II-A-120 kcfm-Magistral-Sur	14,05	17,29	15,22	16,82	20,11	19,80	20,50	12,03	20,44	11:00:00	11,7	52,0	2,05	3,30	17,32	1.039	3.429	121.103	28,0%																			
TOTAL SALIDA																																							12.248	432.531	100%

ANEXO 06. Costo de Consumo de energía de los ventiladores

6.1 Costo de energía de los ventiladores – actual

VENTILADOR PRINCIPAL											
Item	Marca	Modelo	Zona Magistral	Nivel	Capac. (cfm)	Presión Total Cota Trabajo ("CA)	Pot. Real KW	Pot. Real HP	Costo Energía. US\$/Kw-h	Costo US\$/año	Distrib. Energía
1	AIRTEC	VAV-60-26.5-1750-II-A	NORTE	4680	100.000	12,3	73,5	98,5	0,098	62.237	22%
2	AIRTEC	VAV-60-30-1750-I-B	CENTRO	4640	160.000	6,4	150,3	201,4	0,098	127.244	46%
3	AIRTEC	VAV-60-26.5-1750-II - A	SUR	4530	120.000	7,5	106,1	142,2	0,098	89.845	32%
TOTAL					380.000		329,9	442,2		279.326	100%

VENTILADORES AUXILIARES												
Item	Marca	Modelo	Zona	Labor	Posición	Estado en Campo	Capac. (cfm)	Pot. Trabajo Nom. (HP)	*Presión Total a cota mar ("CA)	Costo Unit. (\$/KW-h)	Costo/año (\$/año)	
1	AIRTEC	VENTILADOR ETAPAS VAV-26-48-1800II	NORTE	Mg. NORTE . NV 4230 - 4	Inyector	OPERATIVO	30.000	35	9	0,098	22.108	
2	AIRTEC	VENTILADOR ETAPAS VAV-26-48-1800II		Mg. NORTE . NV 4570-2	Inyector	OPERATIVO	30.000	35	9	0,098	22.108	
3	AIRTEC	VENTILADOR VAV-35-23.5-3450-I-C.		Mg. NORTE . NV 4570-1	Inyector	OPERATIVO	40.000	72	12	0,098	45.479	
4	AIRTEC	VENTILADOR ETPAS VAV-29 1/4-14-3450 I-A		Mg. NORTE . NV . 4570-3	Inyector	OPERATIVO	30.000	29	8	0,098	18.318	
5	ATLAS COPCO	VENTILADOR AVH9055 TMG14URE 0058		Mg. NORTE NV4370 - 1	Inyector	OPERATIVO	30.000	43	10	0,098	27.161	
SUB TOTAL							160.000	214			135.174	
6	AIRTEC	VENTILADOR ETPAS VAV-48-26.5-1750 II-A	CENTRO	Mg. CENTRO CH 4210 RP 4005	Inyector	OPERATIVO	60.000	72	12	0,098	45.479	
7	AIRTEC	VENTILADOR ETPAS VAV-29 1/4-14-3450 I-A		Mg. CENTRO NV. 4300-2	Inyector	STAND BY	30.000	29	8	0,098	18.318	
8	ATLAS COPCO	VENTILADOR AVH9055 TMG14URE 0012		Mg. CENTRO NV. 4300-3	Inyector	OPERATIVO	30.000	43	10	0,098	27.161	
9	AIRTEC	VENTILADOR VAV-35-23.5-3450-I-C.		Mg. CENTRO NV. 4300-1	Inyector	OPERATIVO	40.000	72	12	0,098	45.479	
10	AIRTEC	VENTILADOR ETAPAS VAV-26-48-1800II		Mg. CENTRO NV 4370-3	Inyector	OPERATIVO	30.000	35	9	0,098	22.108	
11	ATLAS COPCO	VENTILADOR AVH9055 TMG14URE 0012		Mg. CENTRO NV 4370 - 2	Inyector	OPERATIVO	30.000	43	10	0,098	27.161	
SUB TOTAL							220.000	294			185.706	
12	AIRTEC	VENTILADOR ETPAS VAV-29 1/4-14-3450 II-A	SUR	Mg. SUR NV. 4120-3	Inyector	OPERATIVO	30.000	43	10	0,098	27.161	
SUB TOTAL							30.000	43			27.161	
TOTAL							380.000	508			348.041	

*Las presiones totales a cota de mar fueron estimados a partir de importar las especificaciones de cada modelo al programa de selección de ventiladores AIRTEC.

6.2 Costo de energía de los ventiladores – Proyectoado.

VENTILADOR PRINCIPAL															
Item	Marca	ZONA	Tipo	Posición	Estado en Campo	Nivel	Capac. (cfm)	HP Nom.	Costo Energía. US\$/Kw-h	Pot. Real (KW)	Costo US\$/h	Costo US\$/día	Costo US\$/mes	Costo US\$/año	Distrib. Energía
1	AIRTEC	MG. Norte	Principal	Extractor	Operativo	Superf.	160,000	365	0.098	150	14.7	353	10,584	127,008	20%
2	AIRTEC	MG. Centro	Principal	Extractor	Operativo	Superf.	120,000	250	0.098	145.0	14.2	341	10,231	122,774	19%
3	AIRTEC		Principal	Extractor	Operativo	Superf.	120,000	250	0.098	145.0	14.2	341	10,231	122,774	19%
4	AIRTEC	MG. Sur	Principal	Extractor	Operativo	Superf.	200,000	550	0.098	165.0	16.2	388	11,642	139,709	22%
5	AIRTEC		Principal	Extractor	Operativo	Superf.	120,000	250	0.098	156.0	15.3	367	11,007	132,088	20%
TOTAL							720,000	1,665		761	75	1,790	53,696	644,354	100%

VENTILADORES AUXILIARES											
Item	Marca	Modelo	Zona	Labor	Posición	Estado en Campo	Capac. (cfm)	Pot. Trabajo Nom. (HP)	*Presión Total a cota mar ("CA)	Costo Unit. (\$/KW-h)	Costo/año (\$/año)
1	AIRTEC	VENTILADOR ETAPAS VAV-26-48-1800II	NORTE	Mg. NORTE . NV 4230 - 4	Inyector	OPERATIVO	30.000	35	9	0,098	21.792
2	AIRTEC	VENTILADOR ETAPAS VAV-26-48-1800II		Mg. NORTE . NV 4570-2	Inyector	OPERATIVO	30.000	35	9	0,098	21.792
3	AIRTEC	VENTILADOR VAV-35-23.5-3450-I-C.		Mg. NORTE . NV 4570-1	Inyector	OPERATIVO	40.000	72	12	0,098	45.400
4	AIRTEC	VENTILADOR ETPAS VAV-29 1/4-14-3450 I-A		Mg. NORTE . NV . 4570-3	Inyector	OPERATIVO	30.000	29	8	0,098	18.160
7	ATLAS COPCO	VENTILADOR AVH9055 TMG14URE 0058		Mg. NORTE NV4370 - 1	Inyector	OPERATIVO	30.000	43	10	0,098	26.877
SUB TOTAL							250.000	313			134.021
8	ATLAS COPCO	VENTILADOR AVH9055 TMG14URE 0012	CENTRO	Mg. CENTRO NV. 4300-3	Inyector	OPERATIVO	30.000	43	10	0,098	26.877
9	AIRTEC	VENTILADOR VAV-35-23.5-3450-I-C.		Mg. CENTRO NV. 4300-1	Inyector	OPERATIVO	40.000	72	12	0,098	45.400
10	AIRTEC	VENTILADOR ETAPAS VAV-26-48-1800II		Mg. CENTRO NV 4370-3	Inyector	OPERATIVO	30.000	35	9	0,098	21.792
12	ATLAS COPCO	VENTILADOR AVH9055 TMG14URE 0012		Mg. CENTRO NV 4370 - 2	Inyector	OPERATIVO	30.000	43	10	0,098	26.877
SUB TOTAL							160.000	235			120.946
TOTAL							410.000	547			254.967

*Las presiones totales a cota de mar fueron estimados a partir de importar las especificaciones de cada modelo al programa de selección de ventiladores AIRTEC.

ANEXO 07. Carta de Autorización de aplicación de tesis.

AUTORIZACIÓN DE VENTILACION DE MINAS

Yo, Alfredo Domingo León Landeo, Gerente General de la empresa NOOVA S.A.C. con CIP N°62144, encargado de la ventilación de la Unidad minera Santander ubicado en Huaral – Lima, Autorizo la elaboración de tesis que lleva como título **“Chimeneas Principales y su influencia en el Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Santander – Huaral”**, con la finalidad de que los tesisistas Cristhian Leonardo Moreno Avila y Jorge Luis Rodas Ortiz, obtengan el título profesional de ingeniero de minas en la Universidad Cesar Vallejo en el presente año 2021.

Por lo cual otorgo esta autorización para los fines correspondientes, así mismo me comprometo a colaborar con la información necesaria para la ayuda de la investigación de dicha minera.

COMPAÑÍA GENERAL NOOVA S.A.C.

ING. ALFREDO D. LEÓN LANDEO
GERENTE GENERAL

Alfredo Domingo León Landeo
Gerente General NOOVA S.A.C.
CIP. N° 62144