

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Adecuación del sistema de ventilación para el proceso de explotación
en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Adan IGNACIO LIMACHE

Asesor:

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

Cerro de Pasco – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Adecuación del sistema de ventilación para el proceso de explotación
en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°075-JUIFIM-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: Adan, IGNACIO LIMACHE

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Adecuación del sistema de ventilación para el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuaracra, Yauli – Junín.

Asesor:

Ing. Torbio GARCIA CONTRERAS

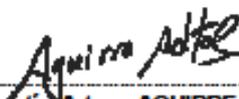
Índice de Similitud: 18%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 06 de marzo 2024


Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico con mucho cariño
y admiración a mis padres, por ser la
razón de todos mis objetivos.

RECONOCIMIENTO

A los profesionales que me ayudaron en mi formación profesional dentro las aulas de clases en el pre grado en la Facultad de Ingeniería de Minas.

A mis padres quienes siempre se han esforzado para brindarme todas las facilidades y oportunidades en mi vida.

RESUMEN

La Unidad Minera Carahuacra está ubicada en el distrito de Yauli, departamento de Junín, en el flanco oriental de la cordillera de los Andes centrales del Perú. Está a 110 km de la ciudad de Lima.

Carahuacra es un depósito polimetálico de origen epigenético que contiene zinc, plomo, cobre y amarillo. Las venas o costuras de Carahuacra se forman principalmente mediante el llenado de fracturas, con fracturas de tensión más mineralizadas. Los mantos están ubicados en el flanco occidental del anticlinal, en las calizas de Pucará debido al contacto con los volcánicos MITU y están en línea con la estratificación.

Los cuerpos y los mantos están ubicados en la piedra caliza Pucará en el flanco oeste del anticlinal. Están formados por la unión de varias capas o en la intersección de una vena con una capa. En el sistema de vena Carahuacra, los minerales más frecuentes son la esfalerita, Galena, los minerales de plata, la pirita, la hematita, el cuarzo, los carbonatos, el sitio de marca, los minerales de barite y cuarzo. En los cuerpos, la mineralogía se compone principalmente de esfalerita, hematita, lugar de marca, pirita, siderita, barita, magnetita, galena y cuarzo.

El sistema de ventilación de la mina Carahuacra recibe aire fresco a través de cinco entradas (Túnel Victoria Nv 820, Piquen Principal, Chimenea 1945, Pique Huaripampa y Rampa 387), mientras que el aire contaminado se elimina en la superficie a través de dos chimeneas Raise Bore (Rb 847 y Rb 823). El sentido del aire es de Oeste a Este.

Palabras claves: Sistema de Ventilación, Método de Explotación, Control de flujos de aire.

ABSTRACT

Located in the district of Yauli, department of Junín, on the eastern flank of the central Andes mountain range of Peru, the Carahuacra Mining Unit is located 110 km from the city of Lima.

Carahuacra, is a polymetallic deposit of Zn, Pb, Cu and Ag epigenetic origin, the veins or veins were formed mainly by fracture filling, being better mineralized those that were formed along stress fractures. The mantles are located on the west flank of the anticline, in the Pucará limestones, from contact with the Mitu volcanics, they are located concordantly with the stratification.

The bodies, like the mantles, are located on the west flank of the anticline, in the Pucará limestone, and are formed by the union of several mantles or at the intersection of a vein with a mantle. The most common minerals that occur in the Carahuacra vein system are: sphalerite, galena, silver minerals, pyrite, hematite, quartz, carbonates, marcasite, barite; In the bodies, the mineralogy is constituted mainly by sphalerite, hematite, marcasite, pyrite, siderite, barite, magnetite, galena and quartz.

The Carahuacra mine ventilation system receives fresh air through five inlets (Túnel Victoria Nv 820, Piquen Principal, Chimenea 1945, Pique Huaripampa and Rampa 387), while contaminated air is removed at the surface through two chimneys. Raise Bore (Rb 847 and Rb 823). The direction of the air is from West to East.

Keywords: Ventilation System, Exploitation Method, Air flow control.

INTRODUCCION

La ventilación de una mina es el proceso de acondicionar el aire que circula por todas las labores subterráneas, con el objetivo primordial de suministrar un ambiente seguro, saludable y lo más placentero posible para los mineros.

Antes de que una mina comience a funcionar, la empresa debe determinar lo siguiente:

¿Qué métodos de explotación se utilizarán?

¿Cuántas áreas serán operadas?

¿Cuál es el alcance de las reservas y se utilizarán para explotarlas mediante un sistema de chimeneas?

¿Qué cantidad y tamaño de túneles se deben explotar?

¿Cuál es la inclinación y la profundidad de las reservas?

¿Qué servicios son necesarios para trabajar en socavones?

¿El trazado de la mina y los horarios de actividad?

Garantizar que los frentes de trabajo reciban aire fresco y limpio. utilizando medios complementarios y las condiciones naturales.

Hacer circular aire fresco y limpio en forma continua es el método más común para realizar esta función.

Es posible considerar el diseño de un sistema de ventilación de mina en dos partes:

- Planificación de requerimiento de aire para las operaciones subterráneas.
- Planificación de la repartición del flujo de aire para satisfacer dichas necesidades.

El autor

INDICE

Página.

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

INDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	8
	1.3.1. Problema general	8
	1.3.2. Problemas específicos	8
1.4.	Formulación de objetivos	9
	1.4.1. Objetivo General	9
	1.4.2. Objetivos Específicos	9
1.5.	Justificación de la investigación.....	9
1.6.	Limitaciones de la Investigación	10
1.7.	Importancia y Alcance de la Investigación	10

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	11
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	14
2.3.	Definición de términos	22
2.4.	Formulación de hipótesis.....	24
	2.4.1. Hipótesis general	24
	2.4.2. Hipótesis específicas	24

2.5.	Identificación de las variables	24
2.5.1.	Variable independiente	24
2.5.2.	Variable dependiente	24
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	25

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación	26
3.2.	Nivel de investigación	26
3.3.	Métodos de la investigación.	26
3.4.	Diseño de la investigación.....	27
3.5.	Población y muestra	27
3.5.1.	Población	27
3.5.2.	Muestra	27
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.6.1.	Técnicas	27
3.6.2.	Instrumentos.	28
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	28
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	28
3.9.	Tratamiento estadístico.....	28
3.10.	Orientación ética, filosófica y epistémica	29

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo	31
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	43
4.3.	Prueba de Hipótesis	46
4.4.	Discusión de Resultados.....	47

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

ANEXOS

INDICE DE ILUSTRACIONES

	Página.
Ilustración 1. Ubicación de Mina Carahuacra	2
Ilustración 2. Vista Panorámica de Mina Carahuacra	3
Ilustración 3. Plano Estructural Regional.....	4
Ilustración 4. Columna estratigráfica común en la provincia de Yauli.....	19
Ilustración 5. Disposición Espacial de la Mina Carahuacra	33
Ilustración 6. Disposición de Requerimiento de Aire	41
Ilustración 7. Producción Mensual Mina Carahuacra (2021).....	43
Ilustración 8. Panorama del RB. 848.....	48
Ilustración 9. Vista en Planta Ubicación RB. 848	48
Ilustración 10. Panorama del RB. 847 – RB. 823	50
Ilustración 11. Resumen Comparativo de Alternativas	52
Ilustración 12. Proyectos Zona Oeste Veta Mary.....	53
Ilustración 13. Proyectos Zona Oeste Veta María Luisa.....	53
Ilustración 14. Proyectos Zona Este Veta Mary	54
Ilustración 15. Proyectos Zona Este Veta María Luisa	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	25
Tabla 2. Fuerza Laboral Carahuacra	40
Tabla 3. Requerimiento de Aire para el Personal.....	40
Tabla 4. Requerimiento de Aire para Equipos Diesel	40
Tabla 5. Requerimiento Global de Aire	41
Tabla 6. Resumen de los Puntos Medidos.....	42
Tabla 7. Balance Global	43
Tabla 8. Resumen Red del Sistema de Ventilación - Enero 2022.....	46
Tabla 9. Validación de Resultados en Campo – Ventsim	46
Tabla 10. Resumen Red del Sistema de Ventilación (Escenario 1)	49
Tabla 11. Resumen Caudal CFM - Escenario 1	49
Tabla 12. Resumen Red del Sistema de Ventilación (Escenario 2)	51
Tabla 13. Resumen Caudal CFM - Escenario 2	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Página.

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Anexo 2. Ventilación en Minería Subterránea

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del problema

En todo proceso de explotación subterránea, el gran inconveniente es la ventilación, por lo que se tiene que adecuar el sistema de ventilación, durante todo el proceso de producción y desarrollo, por lo que se tiene que considerar en el plan de mina la ejecución de chimeneas, que permitan el ingreso y salida de aire, de acuerdo a los avances del trabajo subterráneo, lo cual permitirá un adecuado proceso de explotación de la Unidad Minera Carahuacra.

El presente trabajo de investigación está enfocado en la adecuación del sistema de ventilación en la mina subterránea, para tener una eficiente producción diaria, cumpliendo los estándares de seguridad.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo, establecer los parámetros de ventilación requeridos, para optimizar la capacidad de ventilación

Accesibilidad.

El acceso principal a la mina Carahuacra se puede llegar fácilmente a través de la carretera central asfaltada hasta el kilómetro 155, donde se encuentra la calera Cut Off. En este punto, hay un desvío por una trocha afirmada que se encuentra paralela a la línea férrea. Después de recorrer 18 km, la mina Carahuacra se encuentra.

Ilustración 2. Vista Panorámica de Mina Carahuacra

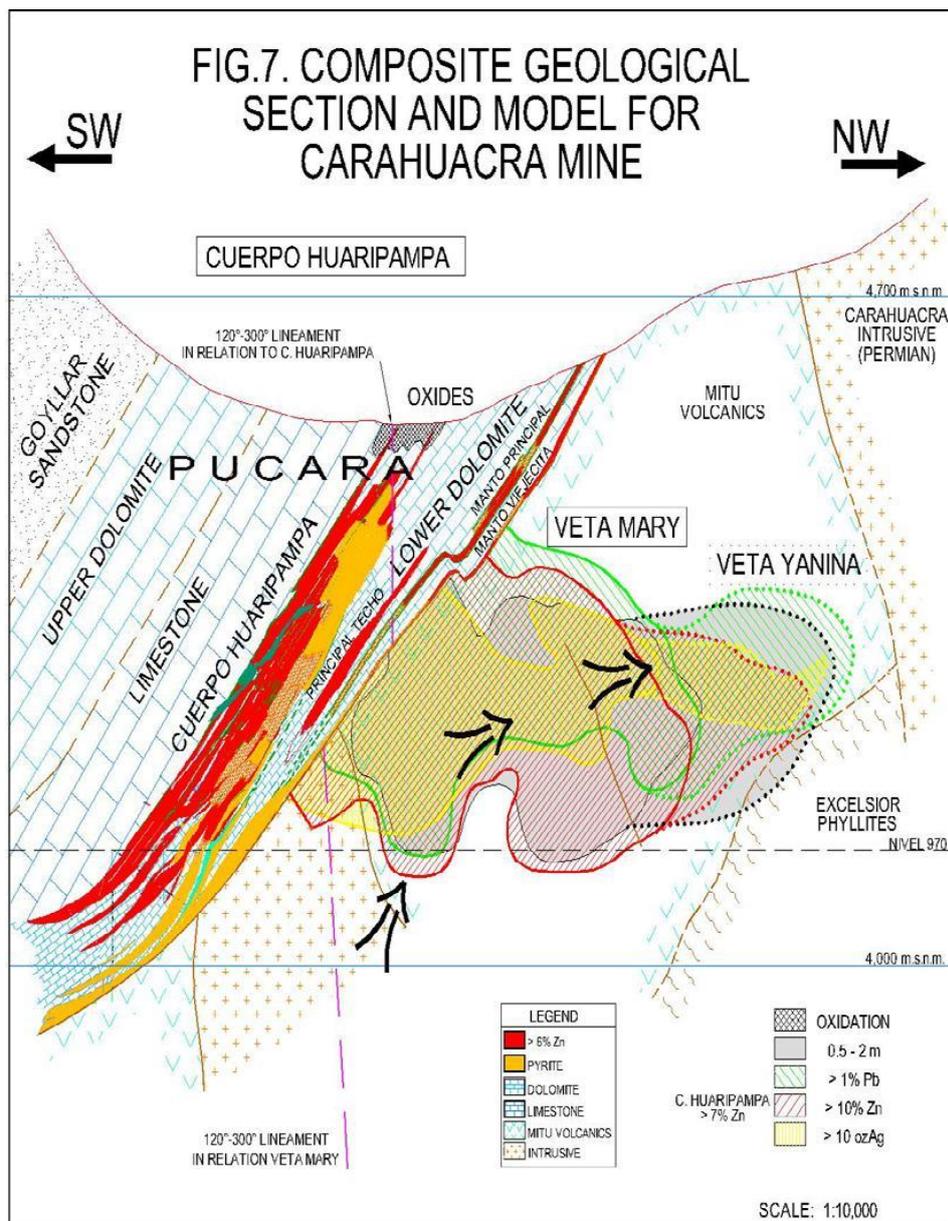


Geología regional

En el flanco occidental del "Anticlinal de Yauli", una gran estructura regional de naturaleza domo, se encuentra la unidad minera Carahuacra. Dentro de la faja de formaciones mesozoicas intracordilleranas, el complejo del Domo de Yauli muestra una ventana de formaciones paleozoicas. El paleozoico se divide en dos niveles: el grupo Excelsior domina el nivel inferior, y el grupo Mitu domina el nivel superior. El grupo Excelsior aflora en el anticlinal de Ultimátum

en el parte este y en el anticlinal de Chumpe en la parte oeste del domo. En la mayor parte del domo se puede ver el grupo Mitu. El grupo Pucará, el grupo Goyllarisquizga, el grupo Machay y la formación Jumasha son formaciones mesozoicas del margen. Las capas extrusivas y los cuerpos intrusivos demuestran la actividad ígnea en el área.

Ilustración 3. Plano Estructural Regional.



Geología Local

Las principales formaciones rocosas que han dado origen a la mineralización en la zona de estudio se consideran dentro de la geología local:

- **Grupo Excélsior:** En la parte central y oeste del área de estudio, se puede encontrar. Se compone principalmente de venillas de cuarzo, pirita, material arcilloso compacto y filitas con bajo grado de fracturamiento en superficie. Hay áreas con alto grado de fracturamiento y poca oxidación.
- **Meta-volcánicos:** Esta unidad sirve como un paso intermedio entre los grupos Excélsior y Mitu. Incluye secuencias volcánicas con textura brechosa, fracturamiento débil a moderado, intensa presencia de venillas de calcita y mineralización ligera de sulfuros. Han experimentado un metamorfismo de bajo grado.
- **Grupo Mitu:** Los volcanes andesíticos, con áreas de fracturamiento moderado a bajo, son la mayoría del grupo Mitu. Las venillas y cavidades mineralizadas con sulfuros, así como una alta presencia de óxidos, se pueden encontrar en áreas con fracturamiento moderado. La andesita muestra áreas con textura blanda en áreas con poco grado de fracturamiento, así como niveles arcillosos, venillas mineralizadas con sulfuros y venillas de calcita, pero con escasez de óxidos.
- **Grupo Pucará:** Las calizas pertenecientes al grupo Pucará tienen un grado de fracturamiento moderado a alto. Las áreas que tienen fracturas moderadas tienen venillas de calcita y poca oxidación. Se puede ver una parte de la alteración hidrotermal (argilización) en las áreas con un alto grado de fracturamiento, en la que la calcita tiene un color gris oscuro con venillas de

calcita y a veces alterna con unidades de lutitas gris violáceas y rojizas, así como margas y areniscas calcáreas.

- Grupo Goyllarisquizga: Se compone de areniscas calcáreas y lutitas grises en la parte superior y areniscas cuarcíticas blanquecinas en la base con lutitas y limolitas rojizas intercaladas. Con grano fino, el grado de fracturamiento es mayormente moderado y, en las fracturas con venillas de sílice, se observan sulfuros esparcidos.
- Rocas intrusivas: e han encontrado microdioritas con textura fanerítica de color verde oscuro y tonalitas poco a moderadamente fracturadas que contenían venas de calcita, óxidos de hierro y venillas de sílice. Es posible que las rocas intrusivas que afloran en la región sean cuerpos que se han emplazado en diferentes épocas. Las intrusiones del batolito costanero se encuentran principalmente en el área suroeste del cuadrángulo de Huarochirí, en el área norte del segmento Arequipa. En la parte media del flanco occidental andino se encuentran otros cuerpos periféricos, situados al este del batolito y esparcidos en una faja. Los grupos de intrusiones menores de facies hipabisales se encuentran aislados en la parte alta de la cordillera occidental. La monzonita cuarcífera, el dique de andesita y la diabasa se encuentran en pequeñas reservas en el Anticlinal de Yauli. La apófisis norte del intrusivo Carahuacra se corta por un dique de diabasa en Carahuacra, que se puede observar fácilmente en el Túnel Victoria. Los intrusivos ingresan a formaciones premesozoicas en Carahuacra, que tienen una forma alargada en dirección N-S y una apófisis de 550 m en su lado norte. Tiene una textura porfirítica y se compone principalmente de feldespatos, con una menor

proporción de cuarzo y biotita en una matriz afanítica, reconocido como cuarzo monzonita.

Geología Estructural

La zona de estudio se encuentra dentro del Domo de Yauli, una unidad estructural regional que parece ser una estructura domal tectónica. Su longitud es de 30 km y su parte más ancha alcanza hasta 15 km; se orienta en dirección andina NNW-SSE. Las rocas desde el Excélsior hasta el Casapalca se ven afectadas por las superposiciones tectónicas Hercínicas y Andinas en el núcleo del domo. Las formaciones del Grupo Pucará y el Grupo Goyllarisquizga en el área de estudio se ven afectadas por pliegues grandes y alargados que son muy ajustados, así como fallas largas e inversas en escurrimientos causadas por esfuerzos compresivos.

El sistema NE, que se desarrolla en todo el domo y es el más visible por su densidad, es el sistema de fracturamiento predominante. Los azimuts de fracturamiento van desde N45° hasta 75°E, con un promedio de N60°E. Las principales vetas del distrito minero Carahuacra - San Cristóbal - Andaychagua forman parte de este sistema.

Las vetas y cuerpos de los sistemas Carahuacra, San Cristóbal y Andaychagua representan la mineralización hidrotermal principal del domo de Yauli. La mayoría de las vetas que se han examinado en la zona se encuentran dentro del basamento Excélsior o formando cuerpos y mantos en las calizas del Pucará. Las secuencias sedimentarias del Mitu mostraron mineralización de metales base, alcances horizontales de pocas decenas de metros y vetas más pequeñas (0.2 a 0.8 m).

Las siguientes características del arreglo estructural de la masa rocosa se identificaron a través de mapeos geotécnicos realizados en la unidad minera Carahuacra:

- Fallas: En la veta Mary, las cajas techo y piso tienen fallas paralelas. En ocasiones, las fallas casi transversales a las encajonantes se encuentran en el lado oeste de la veta Mary. También hay fallas en la zona de cuerpo (zona de calizas). Las fallas se forman paralelas a los estratos de caliza y, eventualmente, transversales a los estratos de caliza en las zonas de contacto volcánico-caliza.
- Discontinuidades: Cada tipo de veta y cuerpo mineralizado tiene sus propias orientaciones y comportamientos de discontinuidades (veta Mary, Veta ML). En los puntos de trabajo del área de estudio de esta tesis se han detectado fallas paralelas transversales, las cuales han causado ocasionalmente desviaciones de taladros y atascamiento de la barra. Además, la presencia de geodas en las vetas dificulta la perforación y provoca la pérdida de energía en las voladuras.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo adecuar el sistema de ventilación, para el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera adecuamos la ventilación, para obtener la producción requerida en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín?

- b) ¿Cómo establecemos el sistema de ventilación, durante los avances de la explotación subterránea en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

Adecuar el sistema de ventilación, para el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Adecuar la ventilación, para obtener la producción requerida en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.
- b) Establecer el sistema de ventilación, para los avances de la explotación subterránea en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.

1.5. Justificación de la investigación

De acuerdo al diagnóstico del sistema de ventilación para verificar la situación actual, se puede determinar las necesidades requeridas de la adecuación del sistema de ventilación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junin.

El requerimiento Global para el sistema de ventilación (según el DS-023-2017-EM) es:

- Para Personal, 102 trabajadores: 21,611 CFM (612 m³/min).
- Equipos Diésel, considerando un factor de simultaneidad de 90%: 697,867 CFM (19,764 m³/min).
- Total, Caudal Requerido: 719,478 CFM (20,376 m³/min).
 - a. El levantamiento de ventilación del aforo total de la mina en enero de 2019:

- Caudal de ingreso: 318,858 CFM (9,030 m³/min).
 - Caudal de salida: 330,201 CFM (9,352 m³/min).
- b. La Cobertura de Aire para enero 2019, se encuentra en 45 %.

Para lograr un modelo en el software de ventilación “Ventsim Visual” se debe asignar propiedades de la mina, tales como, densidad media del aire en mina, la altitud, costo de energía, ventiladores, etc.

De acuerdo a la simulación de la mina en Ventsim Visual, para el escenario del levantamiento de enero de 2021, el aforo total de la mina es:

- Caudal de ingreso: 368,084CFM (9,030 m³/min).
- Caudal de salida: 394,714CFM (11,180 m³/min).

La Cobertura de Aire para enero 2021, de acuerdo a la simulación en Ventsim es de 62 %. Se tiene una variación aceptable, la validez de la calibración nos permite realizar simulaciones confiables.

1.6. Limitaciones de la Investigación

No hubo restricciones porque la Mina Carahuaracra nos proporcionó todas las facilidades y todos los trabajadores estaban comprometidos con la elaboración del presente trabajo de investigación.

1.7. Importancia y Alcance de la Investigación

El estudio es de alcance correlacional, ya que se analizarán los consumos durante los años de producción, el movimiento de los materiales y así determinar el destino de estos, para poder reducir el valor de inventario.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

a) Antecedentes nacionales

- **Sutty, J. (2016)**, de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno Nacional, desarrolla su tesis “Influencia de la ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC. – Puno”, sus objetivos específicos son evaluar la eficacia del trabajador en las labores subterráneas después de la instalación del diseño de ventilación en el nivel 4955 de Mina Urano SAC – Puno y reducir la recirculación de aire viciado en el nivel 4955 El diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 de Mina Urano SAC - Puno se ve afectado por la evaluación de ventilación mecánica como hipótesis general y como hipótesis específica, El rendimiento del trabajador minero del nivel 4955 se mejora con ventilación mecánica que satisface las necesidades de aire.

Mina Urano SAC ubicada en Puno, La recirculación de aire viciado del nivel 4955 se reduce mediante la instalación de un sistema de ventilación mecánica y un diseño de ventilación. Mina Urano SAC ubicada en Puno, con una metodología de estudio del tipo experimental básico y un nivel de investigación totalmente descriptivo, Finalmente, debido a que la ventilación mecánica tiene un impacto significativo en nuestra operación, se instalaron dos ventiladores en la misma galería: uno con una capacidad de 25.000 cfm y otro de 15.000 cfm para cubrir la necesidad de aire. Uno se instaló en BM y otro a 800 metros de profundidad, lo que permitió enseriarlo a través de una cámara de acumulación de aire de 75 m³.

- **Montoya, G. (2018)**, de la Universidad Cesar Vallejo presenta su tesis “Diseño de una red de ventilación para extracción de los recursos minerales en la concesión Santa Clotilde-NIVEL II CHONGOYAPE 2018”. El diseño de una malla de ventilación para la extracción de recursos minerales en la concesión Santa Clotilde-nivel II Chongoyape es el tema de esta investigación de 2018. La investigación surgió de observar un problema con el entorno de trabajo porque no cumplía con las condiciones requeridas por el trabajador. Como resultado, se crearon nuevas soluciones al problema, como la creación de una red de ventilación efectiva. El objetivo principal de este estudio fue sugerir un diseño de red de ventilación para la extracción de recursos minerales en la concesión minera Subterránea Santa Clotilde Nivel II-Chongoyape en 2018. Las redes de ventilación son ductos que transportan aire limpio en grandes cantidades dentro de un lugar de trabajo para optimizar el

entorno de trabajo. La investigación actual se lleva a cabo bajo un diseño descriptivo y es un tipo de estudio correlacional en el que los hallazgos muestran los enfoques utilizados. De esta manera, se descubrió que en la instalación minera existía una red de ventilación, la cual fue afectada por factores económicos y ambientales.

b) Antecedentes internacionales

- **Manzur, C. (2016)**, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, presenta su tesis “Evaluación y propuesta del mejoramiento de la ventilación para la mina “El Maracaibo” Municipio de Samacá, Departamento de Boyacá”, Está presente La pérdida de carga de la mina, la abertura equivalente de la mina, los obstáculos y retenciones en las vías del flujo del aire, el peso del aire y el área de trabajo diferente deben evaluarse para mejorar este servicio. La eficacia de estos hace que la atmósfera de la mina sea ideal para los trabajadores. En cuanto a ventilación, implementar equipos que nos permitan utilizar los conocimientos técnicos racionales y mejorar el desempeño de la mina. Para lograr esto, el manejo de presiones requiere que las vías donde circula la corriente de aire se expandan. El comportamiento del aire y los gases en los diferentes tipos de minería bajo tierra es importante tener en cuenta cuando se trata de mejorar uno de los servicios principales de una mina, como la ventilación. En nuestro asunto, las mineras de carbón poseen un gas que debe ser muy cuidadoso, el metano (CH₄), que se combina con el aire y el polvo de carbón para formar el grisú. Se llevó a cabo un análisis de emanación de estos gases mencionados a fin de disminuir su presencia en las tareas donde se enfocan los trabajos de

extracción, rutas de retorno y circuito principal. El proyecto finaliza con una serie de recomendaciones que buscan resolver problemas económicos, ambientales y sociales durante el proceso de elección de ventilación en un proyecto de explotación de carbón subterráneo.

2.2. Bases teóricas - científicas

Metodología de Estimación de Recursos

El objetivo de la estimación de recursos es hallar la mejor estimación de ley y tonelaje para las estructuras mineralizadas y, en el proceso, establecer los errores probables de estimación con cierto nivel de confianza. La estimación se basará en la calidad, cantidad y distribución espacial de las muestras, así como en el grado de continuidad de la mineralización.

La estimación de recursos comienza con muestreos de perforaciones diamantinas de exploración y/o canales en galerías de explotación. La interpretación geológica comienza con vistas de sección y planta. En este proceso se toman en cuenta elementos cruciales como la alteración, la litología y los controles estructurales, que nos ayudarán a encontrar dominios cruciales para realizar una estimación adecuada. El sólido de las unidades litológicas del yacimiento y el sólido de la estructura mineralizada en estimar son los resultados finales de la interpretación geológica. Se realiza un análisis exploratorio de los datos después de construir los sólidos de las estructuras mineralizadas.

El estudio exploratorio de los datos comienza con el análisis estadístico de los antecedentes de muestreo utilizando gráficos de cajas, histogramas, curvas de probabilidad, dispersión, contacto, etc. La información de muestreo original, la información acotada y la información compositada se utilizan para llevar a cabo este análisis. Este enfoque nos accede caracterizar estadísticamente la

información, lo que nos ayudará a evidenciar y percibir las relaciones entre las variables, revelar y caracterizar su continuidad espacial, identificar y definir dominios de estimación y, finalmente, identificar y caracterizar muestras con valores extremos. Después del análisis estadístico, se realiza un análisis geoestadístico. Los gráficos de variogramas ayudan al análisis geoestadístico a determinar la dirección preferencial de la mineralización, ya que muestran la distancia a la que las muestras guardan correlación entre sí. Cada combinación de las variables en estimar y los dominios de estimación establecidos es objeto de este análisis. Después de realizar el análisis exploratorio de los datos, comienza el proceso de desarrollo del plan de estimación.

El plan de estimación establece la estrategia a seguir para la interpolación de las variables del modelo de bloques. Se establecen métodos de estimación, rangos de búsqueda y limitaciones en la cantidad de compósitos permitidos. La elección del método de estimación dependerá del respaldo y la cantidad de información disponible a través de indicadores como el coeficiente de variación y el efecto pepita*.

El plan de estimación se utiliza para estimar las leyes en bloques a partir de la información de los compósitos. La validación visual de estas estimaciones se realiza mediante la revisión del sesgo local y global utilizando gráficos de histograma, dispersión y swath plot. Esto nos indicará si los rangos de búsqueda y el número de compósitos utilizados deben ajustarse.

Después de la estimación, los recursos se clasifican según el criterio de la malla de perforación.

Inventario de Recursos

Al 31 de junio de 2015, se estimaron los recursos minerales en la Mina Carahuacra en 1 682,409 t de mineral medido con leyes de 8.07% de Zn, 0.62% de Pb, 0.06% de Cu y 2.48 oz/t de oro; 1 735,626 t de mineral indicado con leyes de 7.50% de Zn, 0.57% de Pb, 0.07% de Cu y 2.66 oz/t de oro; y 3 522,768 t de mineral inferido con leyes de 6.21% de Zn, 0.6.

Metodología de Estimación de Reservas

El objetivo principal de la estimación de reservas minerales es establecer cuánto del recurso medido e indicado se concretizará en reserva probada y probable como parte del proceso de declaración de reservas minerales. Para lograrlo, se considera emplear un enfoque exhaustivo que tenga en cuenta todos los elementos y variables necesarios para convertirlo en un proceso certificable y auditable.

El proceso de estimación de las reservas minerales inicia con la determinación de los métodos de minado a utilizar en las estructuras mineralizadas en conformidad con las condiciones geomecánicas y estructurales que consientan una explotación segura, económica y que cumpla con las exigencias de producción establecidos. El proceso producirá una grilla de tajos en la que se describirán a detalle los tipos de trabajos presentes en el método elegido para realizar una asignación de diluciones diferentes, lo que permitirá representar con mayor precisión el proceso de contaminación que ocurre durante la explotación del mineral, junto con el desmonte adyacente.

Los precios de los metales se estiman en escenarios de largo plazo y se utilizan junto con los términos comerciales de la venta de concentrados y las recuperaciones metalúrgicas históricas de las plantas de tratamiento para calcular los factores NSR (Net Smelter Return).

Un valor de ingresos NSR por celda se obtiene multiplicando estos factores NSR con las leyes diluidas. Después de eso, se realiza un análisis económico tomando en cuenta los tajos operativos que se habían diseñado previamente. Estos tajos se analizan como una sola unidad y, dependiendo del grado de certeza geológica que haya tenido durante el proceso de estimación de recursos minerales, este material se considera una reserva mineral probada o probable si el diferencial entre el NSR Revenue ponderado del tajo y el NSR Cut off genera un margen económico positivo.

Geomorfología

El área incluye las siguientes zonas naturales:

- Suni: Entre los 3500 y 4000 metros sobre el nivel del mar, se encuentra una región con un relieve quebrado y inclinado, paredes escarpadas, barrancos rocosos y cumbres punzantes, todo ello debido al desgaste glaciario. El clima es frío, nublado y húmedo, y hay muchas lluvias.
- Puna o Jalca: Se mide entre 4000 y 4800 metros sobre el nivel del mar. La mayoría de su relieve es de meseta andina, con lagos y lagunas. El clima es frío y caen nevadas y granizo. El aire está seco.
- Cordillera o Janca: Abarca desde los 4800 hasta los 6700 metros sobre el nivel del mar. El relieve está formado por montañas y nevados. Es la zona más alta, con clima muy frío y la vegetación consiste principalmente en musgos, líquenes y gramíneas, con la mayoría de la nieve.
- Valles glaciares y lomadas: Formada por valles glaciares típicos en forma de U que fluyen hacia el noroeste y el sureste, controlados por las estructuras de la región. El relieve es suave a moderado y las pendientes son mayormente bajas en el sector suroeste, correspondiendo a las cabeceras de las quebradas.

- Quebrada de Andaychagua: Muestra pendientes más marcadas causadas por depósitos morrénicos y/o fluvio-glaciares. En algunas áreas, como la quebrada Pacchapuquiopampa, la quebrada Victoria y la quebrada Ayamachay, la pendiente es más marcada, oscilando entre el 40 % y el 60 %.
- Cerros y lugares de escarpas: Esta región está formada por áreas escarpadas, tiene pendientes superiores a 45° y probablemente está controlada por una falla longitudinal en la quebrada Andaychagua. Los volcanes del Grupo Mitu y las filitas del Grupo Excelsior en el área de Andaychagua, así como las calizas resistentes a la erosión del Grupo Pucará, están incluidos en la litología. La roca descubierta en los volcanes del Grupo Mitu se puede observar en las faldas de los cerros del margen derecho de la Quebrada Ayamachay, donde se acumulan los materiales coluviales.
- Zona de bofedales: Las extensiones más extensas de bofedales se encuentran en la cabecera y en la parte intermedia de las quebradas de Andaychagua y Pacchapuquiopampa, que cubren la base del valle. Los bofedales más extensos de San Cristóbal se encuentran en la zona intermedia de la quebrada Ayamachay y en los humedales del tajo Gavilán, ubicados en la parte alta del margen derecho de la quebrada Ayamachay.

Estratigrafía

La secuencia litológica de la unidad minera Carahuacra se extiende desde el paleozoico hasta el cretácico superior. La columna estratigráfica general de la provincia se muestra en la Figura 25.

Ilustración 4. Columna estratigráfica común en la provincia de Yauli.

ERA	SISTEMA	UNIDADES ESTRATIGRÁFICA	ROCAS INTRUSIVAS	SIMBOLOGÍA
Cenozoico	Cuaternario	Dep. aluviales	Mz/granod. Diorita	
		Dep. Glaciares		
		Dep. fluvio-glaciares		
		Dep coluviales		
Mesozoico	Cretáceo	Fm Jumasha		
		Fm Pariatambo		
		Fm Chulec		
		Grupo Goyllarisquizga		
	Triásico-Jurásico	Grupo Pucará		
Paleozoico	Pérmico-Triásico	Grupo Mitú		
	Devoniano	Grupo Excélsior		

Las siguientes son las unidades estratigráficas:

- Grupo Excélsior (Silúrico – Devoniano): Las rocas más pretéritas, como lutitas pizarrosas, filitas negruzcas y areniscas esquistosas finamente estratificadas, lo representan, en un metamorfismo regional con muchos lentes de cuarzo, los cuales son de más espesor en los núcleos anticlinales. Al SE de San Cristóbal, las filitas se mezclan con horizontes de mármol y bancos calcáreos marmoleados con fósiles (crinoideos). Dentro de una franja de afloramientos que comprende el área de Yauli y Carahuacra - San Cristóbal, estas rocas presentan estructuralmente anticlinales de orientación NW-SE. Todo el conjunto está muy plegado, lo que da como resultado una esquistosidad subparalela a los planos axiales de los pliegues.
- Grupo Mitú (Pérmico): En los alrededores de Morococha y en el domo de Yauli-San Cristóbal se puede observar esta unidad geológica. La formación contrasta con las rocas del grupo Excélsior y está compuesta por un segmento inferior de rocas clásticas rojizas con características continentales y un

segmento superior de rocas volcánicas conocidas como "volcánico Catalina". El miembro superior tiene areniscas, conglomerados y grietas volcánicas, mientras que el miembro inferior tiene derrames lávicos de dacita y andesita de color gris a verde que se vuelven marrones debido al intemperismo. Hacia la parte superior de este miembro se pueden ver aglomerados volcánicos, mientras que hacia el noreste se puede ver una serie de sedimentos volcánicos con conglomerados y areniscas. Este grupo de minerales es ampliamente reconocido a lo largo del Domo de Yauli, siendo principalmente filones y diseminados. La edad del grupo Mitu se pensó inicialmente que era del Carbonífero Superior y luego se asignó al Pérmico.

- Grupo Pucará (Triásico superior – Liásico): El Grupo Pucará presenta una discrepancia con respecto al miembro clástico del Grupo Mitu o a los volcánicos Catalina. En el sector noreste del cuadrángulo de Matucana, esta unidad se extiende extensamente sobre el cuadrángulo de La Oroya. El Grupo Pucará se compone de una serie de calizas grises claras y blanquecinas con capas delgadas y medianas, que a veces alternan con unidades de margas interstratificadas con areniscas calcáreas, lutitas gris violáceas y rojizas, así como calizas dolomíticas. Este grupo inferior se encuentra en línea con la serie arenosa del Grupo Goyllarisquizga. Este grupo ha sido identificado como de Triásico Superior-Liásico. Tres formaciones de facies calcáreas se encuentran en marcada discordancia sobre el Grupo Mitu: Chambará, Aramachay y Condorsinga.
- Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior): Cerca de la divisoria continental, el Grupo Goyllarisquizga se ubica en los flancos de los pliegues del lado oeste del anticlinal de Chumpe. Con areniscas calcáreas y lutitas grises en la

parte superior, se compone de areniscas cuarcíticas blanquecinas con intercalaciones de lutitas y limonitas rojizas en la base. Se ubican uniformemente sobre el Grupo Pucará y debajo de las piedras de la Formación Chúlec. El grupo Goyllarisquizga fue depositado en dos pasos secuenciales. La primera se depositó en un ambiente semiárido con una fuerte oxidación de la pelita y estaba compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina de facies de llanura aluvial con pelitas rojas y pocas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento. En la segunda etapa se produce un cambio significativo en comparación con la primera, ya que se depositan areniscas medianas hasta muy gruesas y niveles conglomerados con troncos de árboles que se han silicificado. Esto ocurre en un ambiente húmedo con una alta actividad ígnea demostrada por sills de basalto. Se ha sugerido que el grupo Goyllarisquizga pertenece al Cretácico Inferior-ValanginianoAptiano.

- Formaciones Chúlec, Jumasha y Pariatambo: Surgen en el sureste y forman relieves suaves de tobas piroclásticas dacíticas-andesíticas de color beige, conformando relieves suaves. La roca está moderadamente argilizada y hay crestones de silicificación en las partes altas. De vez en cuando se puede ver pirita esparcida que se oxida y se convierte en Jarosita. Las características litológicas, faunísticas y de posición estratigráfica de estas formaciones son similares a las de la región occidental de la cuenca del Cretáceo. Estas secuencias de calcárea cretácea se encuentran en las estructuras del norte de Morococha, del suroeste del anticlinal de Morococha, del oeste del anticlinal de Chumpe, con afloramientos que se extienden hasta la Divisoria Continental de Ticlio, y del noroeste de esta región. Además, estas

formaciones no han sido separadas de las estructuras de los nevados de Huallacancha y Colquepucro. Se pueden encontrar capas medianas de caliza gris a marrón claro al suroeste de la laguna Huayllaycocha, con algunas intercalaciones de caliza margosa y lutita gris parda.

2.3. Definición de términos

Área de la sección:

Es el área de entrada transversal o conducto a través del cual mana el aire. (kingery, 1960).

Cadena logística:

Es el proceso mediante el cual las mercancías se mueven desde su origen hasta el consumidor final. Desde que son materia prima hasta que se elaboran como mercancía final, esta movilización se produce a través del servicio, manipulación, transformación, desplazamiento y almacenaje que sufren los productos. Castellanos, A. (2015).

Distribución de volumen de aire:

La distribución del flujo principal hacia otras galerías o chimeneas de manera que el volumen que ingresa por este punto es igual al volumen que sale por este punto es una actividad común en la minería. Este proceso se conoce como ley de equilibrio o distribución. Esta distribución puede ser regulada o natural. (Jiménez, 2011).

Estrategia:

Conjunto de reglas que garantizan una decisión óptima en cada momento en un proceso controlable. Real academia española (2016).

Potencia en el eje:

La potencia realmente necesaria para que un ventilador funcione no está incluida en las pérdidas de transmisión entre el motor y el rotor. (airtec, 2017).

Presión dinámica:

Es la presión cinética en la dirección del flujo que es necesaria para que un fluido en reposo fluya a una velocidad específica en unidades en pulgadas de agua, también conocida como pulg.h2o (airtec, 2017).

Presión estática:

Es la presión potencial que un flujo en reposo ejerce en todas las direcciones. Se mide un fluido en movimiento en unidades de pulgadas de agua (pulg.h2o) en la dirección perpendicular al flujo, con tendencia a dilatar o colapsar el conducto (airtec, 2017).

Presión total:

Suma algebraica de tensiones dinámicas y estáticas. Los resultados de la definición del modelo de ventilador se expresarán en pulgadas de agua inglesas, o pulg.h2o (airtec, 2017).

Temperatura ambiente y humedad relativa:

Son componentes que mejoran el entorno laboral en la mina. En una mina, el movimiento del aire puede ser lento o rápido en condiciones de depresión natural (por cambios de temperatura en el medio externo), e incluso la dirección de los circuitos puede cambiar. (airtec, 2017).

Velocidad del aire:

Es la proporción del flujo de aire y se mide con anemómetros u otras herramientas. (kingery, 1960).

Ventilación de minas:

Es la ciencia y el arte de distribuir y encausar la circulación de volúmenes de aire en las operaciones mineras de manera más eficiente, ya sea por medios mecánicos o naturales (jiménez, 2011).

Volumen de aire:

El volumen de aire que fluye a través de una mina o un segmento de una mina, expresado en pies cúbicos por minuto. La cantidad de aire se calcula multiplicando la velocidad del aire por el área transversal del conducto de ventilación, $q = V \times A$. (kingery, 1960).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si adecuamos el sistema de ventilación mejorara el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Si adecuamos la ventilación, obtendremos la producción requerida en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.
- b) Si establecemos el sistema de ventilación avanzaremos en la explotación subterránea en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

X: Adecuación del Sistema de Ventilación.

2.5.2. Variable dependiente

Y: Proceso de Explotación.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacionalización de Variables.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Adecuación del Sistema de Ventilación.	El porcentaje de oxígeno en las alturas disminuye de 20,95 % a 19,5 % y su densidad disminuye de 1,2 Kg/m ³ a 0,75 Kg/m ³ dependiendo de la altitud. Dadas las condiciones de la mina, el aire exhalado ya no es adecuado para la respiración normal ya que el porcentaje de oxígeno mínimo para respirar es del 19,5% y el porcentaje máximo permitido de CO ₂ es del 0,5%. Por lo tanto, es necesario proporcionar aire adicional para evitar que el CO ₂ aumente y disminuya el O ₂ , lo que provoca la muerte por asfixia, lo cual es diferente al caso de una deficiencia de oxígeno sin aumento de CO ₂ .	Sistema de Ventilación Métodos de Explotación	Ciclo de Minado Flujo de Aire Nuevo Evacuación de Aire Viciado
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Proceso de Explotación.	Se estimó los costos variables y fijos proyectados, según el planeamiento de largo plazo, el cual se presenta en la siguiente Tabla 2.11. Los costos de la mina aumentaron ligeramente entre 2016 y 2019 debido al aumento de los costos de transporte debido a la mayor distancia entre el centro de acopio del nivel 820 y los tajos. Los costos de la mina aumentaron en 2020 y 2021 debido a un aumento en los costos de transporte de mineral por distancia, así como a un aumento más fuerte en los costos de laboreo de preparación y explotación (bajo el nivel de perforación de taladros largos) para la veta ML, que tiene menos potencia que la veta Mari. El costo de la mina en 2022 es bajo porque los gastos de preparación y desarrollo no se realizaron en 2021.	Unidad Minera Carahuacra	Planificación. Secuencia de Minado. Sistema de Explotación.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

Debido a que busca resolver problemas como comprobar o desestimar, la investigación científica actual es explicativa, correlacional y transversal los objetivos planteados en este aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación y comprende la descripción de registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual de los datos.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación esta considerado en el nivel explicativo, correlacional y descriptivo

3.3. Métodos de la investigación.

El método cualitativo, utilizado en el presente trabajo de investigación, nos ayuda a comprender el significado de un fenómeno, donde las palabras son el dato de interés. Estos métodos son creíbles y confiables gracias al rigor

científico. Por lo tanto, se pueden usar en diferentes lugares, los resultados son iguales y se pueden confiar en ellos.

Los investigadores suelen recopilar información en el lugar donde los participantes enfrentan el problema o la situación en cuestión.

3.4. Diseño de la investigación

Debido a que se observarán situaciones ya existentes, el diseño de la investigación será sistemático y empírico y no experimental, lo que significa que las variables independientes no serán manipuladas porque ya han ocurrido.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La ventilación de una mina es el proceso usado para acondicionar el aire que circula a través de las labores subterráneas. El objetivo principal de la ventilación de una mina es brindar ventilación a todos los trabajadores que formarán la población de nuestro proyecto. Esto nos permitirá mantener un entorno seguro, saludable y lo más cómodo posible para los mineros involucrados en la mina Carahuacra.

3.5.2. Muestra

La muestra más relevante se dio en la Veta Marial Luisa en que se pudo implementar un adecuado estándar de ventilación, que permitió la mejora de los parámetros de aire respirado por el personal.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

- Recopilación y análisis de información. El objetivo es recopilar los planos del sistema de ventilación, las especificaciones técnicas de los

ventiladores, la cantidad de trabajadores, el número de equipos y las características, así como toda la información relevante.

- Observación directa y recopilación de información. comprende la inspección del estado de los conductos de ventilación y la verificación de las áreas más adecuadas para las estaciones de ventilación y su ubicación estratégica.
- Búsqueda de información bibliográfica (antecedente de mineros).

3.6.2. Instrumentos.

Instrumentos de recolección de datos.

- Materiales

- ✓ Acceso a archivos técnicos.
- ✓ Cuestionario de información y ficha de campo.
- ✓ La observación y evaluación.
- ✓ Notas de campo, fichas o guías de observación.
- ✓ Registro de evaluación.
- ✓ Análisis de datos

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La evaluación de los procedimientos de explotación, nos permitirá establecer las propuestas para la implementación y adecuación de los recursos para su explotación.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Es la técnica que consiste en la recolección de los datos manuales, copias, planos de ubicación, localización de la zona de mayor deficiencia de aire.

3.9. Tratamiento estadístico

Los datos cuantitativos y cualitativos de nuestra investigación se manejan mediante una serie de procedimientos conocidos como tratamiento estadístico.

Considerando las etapas siguientes del método estadístico: recolecciones, recuentos, presentaciones, síntesis y análisis.

- Definición del tipo de investigación.
- Selección adecuada de la muestra del proceso, que fueron los trabajos realizados con anterioridad.
- Detalle de la información recolectada y los datos obtenidos de forma metodológica y organizados adecuadamente, mediante una evaluación pertinente.
- Detallando los resultados e interpretando los datos obtenidos para encontrar la respuesta adecuada a lo planteado en nuestras variables.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

La cultura corporativa no sectaria, apolítica, social y ambientalmente responsable de Volcán Compañía Minera S.A.A. y Subsidiarias promueve un comportamiento ético y equitativo. Para lograrlo, debe aceptar valores y principios, en el siguiente detalle:

- La justicia e integridad en los tratos comerciales, que incluye la resolución ética de compromisos reales o potenciales en las relaciones personales y profesionales;
- Obediencia por los Derechos Humanos y la dignidad de todas las personas que trabajan;
- Aceptación de diferentes religiones, culturas, razas, géneros y orientaciones sexuales.;
- Actitud honesta, clara y responsable;

- Seguimiento de los estándares de honestidad corporativa y las leyes pertinentes.

Como se mencionó anteriormente, los gerentes, directores y trabajadores de Volcán Compañía Minera S.A.A. y Subsidiarias están a disposición del presente Código de Ética y Conducta. Las "personas sujetas a este Código" conviene seguir los principios, deberes y reglas, así como las disposiciones legales que le sean adaptables.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

Diagnóstico del Sistema Actual de Ventilación de la Mina Carahuacra

Descripción del Sistema de Ventilación

El sistema de ventilación de la mina Carahuacra recibe aire fresco a través de cinco entradas (Túnel Victoria Nv 820, Piquen Principal, Chimenea 1945, Pique Huaripampa y por la Rampa 387), mientras que el aire contaminado es expulsado a la superficie a través de dos chimeneas Raise Bore (Rb 847 y Rb 823). El sentido del aire es hacia el este.

La siguiente es una descripción de cómo se distribuyó el aire fresco para la mina:

- El Pique Inclinado utiliza aire del túnel Victoria y del Pique Principal para encausar el aire fresco del Nv 820 hacia el Nv 870.

- La Rb 590, que tiene una longitud de 199m y un diámetro de 3m en el Nv 820, recibe aire del túnel Victoria, Pique Principal, Pique Huaripampa y Ch 1945. El Nv 1020 recibe aire fresco.
- La Rb 1426, que tiene una longitud de 198m y un diámetro de 3.66m en el Nv 820, recibe aire del túnel Victoria, Pique Principal, Pique Huaripampa y Ch 1945. El aire fresco se distribuye hacia Nv 1020.
- El Pique Central, situado en el Nv 820, tiene una longitud de 200 m y recibe aire del túnel Victoria, Pique Huaripampa y la Ch 1945. El Nv 1020 recibe aire fresco
- La rampa 387 distribuye aire hacia los niveles 920, 970 y 1020 desde la zona Lidia de la mina San Cristóbal. Esta rampa se enlaza con la Rpa 716, que envía el aire a la Rpa 650, donde se distribuye a los niveles 1070 y 1120.

La siguiente es una descripción del encauzamiento del aire viciado para la mina:

- La Rb 823, con 3.66m de diámetro y 740 m de longitud en dos tramos, extrae el aire contaminado. El tramo primero tiene 128m y se extiende del Nv 1120 al Nv 1020. El segundo segmento, que se extiende desde el Nv 1020 hacia la superficie y tiene una longitud de 612m, cuenta con dos ventiladores de 150,000 y 110,000 CFM instalados.
- La Rb 847, con un diámetro de 2.44m y una longitud de 320m, extrae el aire contaminado. Este segmento va del Nv 820 a la zona, donde se instala un ventilador de 60,000 CFM. Este Rb absorbe el aire contaminado del Rb 838 que va del Nv 1020 al Nv 820, en una distancia de 230 metros.

En la Ilustración 5, muestra la disposición espacial de la mina Carahuacra.

Art. 246.- El titular de la actividad minera debe certificar de que el suministro de aire limpio llegue a las labores de trabajo de acuerdo con el requerimiento del trabajador, los equipos para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que consigan afectar la salud del trabajador, así como para mantener un clima laboral saludable. Los límites de exposición ocupacional a agentes químicos establecidos en el Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 015-2005-SA, o cualquier norma que lo modifique o sustituya, deben mantenerse en la actividad minera. Los límites de exposición ocupacional para agentes químicos se encuentran en el ANEXO 15. Además, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Antes de comenzar cada día o antes de comenzar a trabajar en labores mineras ciegas, como piques y chimeneas, Es importante realizar mediciones de gases como monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y oxígeno, según la naturaleza del yacimiento, el uso de explosivos y el uso de equipos que funcionan con petróleo. Estas mediciones deben registrarse y comunicarse a los trabajadores que deben ingresar a dicha labor.
- b) En todas las actividades subterráneas, es necesario asegurar la circulación de aire limpio y fresco en cantidades y calidad adecuadas para el número de trabajadores, así como para el total de gases de escape de los equipos con motores de combustión interna. Además, la disociación de gases es crucial para asegurarse de que el ambiente de trabajo contenga al menos el 15% (o el 19,5%) de oxígeno.

- c) La entrada de aire y la salida de aire deben estar totalmente separadas. Para evitar la recirculación de aire en las minas, el circuito general de ventilación debe dividirse en ramales para que todas las operaciones reciban su parte proporcional de aire fresco.
- d) Si la ventilación natural no es capaz de satisfacer las necesidades de los artículos anteriores, se debe utilizar la ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según sea necesario.
- e) Para evitar cualquier recirculación del aire, los ventiladores principales, secundarios y auxiliares deben instalarse correctamente. Los frentes de desarrollo, las chimeneas y las labores de explotación no pueden ventilarse con aire usado.
- f) Es necesario utilizar ventiladores auxiliares en trabajos con una sola vía de acceso y un avance superior a sesenta metros (60 metros). Los ventiladores auxiliares solo deben utilizarse en longitudes de avance inferiores a 60 metros, si las circunstancias ambientales lo requieren. Las mangas de ventilación deben instalarse a no más de quince metros (15 m) del frente de disparo durante las labores de desarrollo y preparación.
- g) Se deben realizar taladros paralelos y oblicuos al eje de la labor con un avance de al menos diez metros (10 m) en caso de estar cerca de una cámara subterránea de gas o la posibilidad de un desprendimiento súbito de gas.

Art. 247°.- La siguiente escala determinará la cantidad de aire en otras altitudes:

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

3. Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min.

Art. 252°.- Cada semestre, el sistema de ventilación de una mina subterránea debe ser evaluado de manera integral, así como evaluaciones parciales cada vez que se realizan conexiones de trabajo y cambios en los circuitos de aire. Es necesario que estas evaluaciones sean realizadas por personal especializado en ventilación. Asimismo, en las labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación donde haya personal, se deben realizar controles de ventilación permanentes. La evaluación completa de la ventilación debe tener en cuenta:

- a) El lugar donde se encuentran las estaciones de control de ventilación.
- b) Los circuitos de aire utilizados en una mina.
- c) Equilibrio entre los ingresos de la mina y las emisiones de aire. La discrepancia entre los ingresos y las salidas de aire no debe exceder el diez por ciento.
- d) La solicitud de aire de la mina debe ser la cantidad de aire que requieren los trabajadores para operar los equipos petroleros y mantener una temperatura agradable en el lugar de trabajo. De acuerdo con el ANEXO 38, se debe tener en cuenta el aire necesario para diluir los gases de las voladuras cuando en la operación no se usen equipos con motores petroleros. La madera utilizada en la mina para mantener, entre otras cosas, produce emisiones de gases de CO₂ y 252 145 Para calcular la cantidad de aire necesaria en una mina, se debe considerar el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional de la Minería sobre CH₄. Este factor se determina en relación con la producción. Para el cálculo, se debe tener en cuenta la siguiente escala:

- El factor de producción debe ser de 0,60 m³/min si el consumo de madera es del 20% al 40% del total de la producción.
 - El factor de producción debe ser de 1.00 m³/min si el consumo de madera es del 41 % al 70 % del total de la producción.
 - El factor de producción debe ser de 1.25 m³/min si el consumo de madera supera el 70 % de la producción total.
 - El cálculo del requerimiento de aire debe tener en cuenta una velocidad mínima de 30 m/min cuando la temperatura se encuentre entre 24°C y 29°C como máximo para mantener la temperatura de confort en el lugar de trabajo.
- e) Debido a su capacidad efectiva de potencia (HP), disponibilidad mecánica y utilización, el requerimiento de aire para los equipos que funcionan con motores de petróleo no debe ser inferior a tres (3) m³/min. La evaluación realizada por el titular de la actividad minera debe tener en cuenta la altitud, el calor del motor y las emisiones de gases y partículas en suspensión.
- f) El aire que ingresa a la mina cubre la necesidad de aire de la mina.
- g) La cobertura de las necesidades de aire durante los procesos de exploración, desarrollo, preparación y explotación de la mina.
- h) Las vías principales de la mina y las operaciones miden el oxígeno, el dióxido de carbono, los gases tóxicos y la temperatura ambiental
- i) Las ubicaciones de los ventiladores demuestran la capacidad de diseño y operación.
- j) Es posible encontrar curvas de rendimiento de ventiladores.

- k) Planos de ventilación de mina que muestran circuitos de aire y estaciones de control, ubicaciones de ventiladores, puertas de ventilación, tapones y otros detalles.

Planos de ventilación de mina que muestran los circuitos de aire y las estaciones de control, las ubicaciones de los ventiladores, las puertas de ventilación, los tapones y otros detalles.

Art. 254.- En las operaciones mineras subterráneas en las que se utilizan las unidades con motores petroleros, se debe implementar las medidas de seguridad, en el siguiente detalle:

- a) Las concentraciones de emisión de gases al lugar de trabajo deben diseñarse para asegurarse de que siempre estén por debajo del límite de exposición ocupacional para agentes químicos, que se encuentra en el ANEXO 15 del presente reglamento. Para la recolección de ejemplares, se debe seguir el Decreto Supremo N° 015-2005-SA y sus normas complementarias y sustitutorias aprobadas por la autoridad de salud.
- b) El flujo de aire debe asegurarse de que las emisiones de gases en sus escapes no superen las concentraciones indicadas en los literales c), d) y e) subsiguientes.
- c) Cada semana, monitoree y registre las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en el escape de los equipos que operan dentro de la mina. Las concentraciones de CO tienen que estar por debajo de 500 partes por millón (ppm).
- d) Cada semana, monitoree y registre las concentraciones de dióxido de nitrógeno en el escape de las máquinas que operan dentro de una mina.

Las concentraciones no deben superar 100 partes por millón (ppm) de dióxido de nitrógeno

- e) Se deben suspender las operaciones de los equipos petroleros y prohibir su entrada a las labores de mina subterránea en los siguientes casos:
 1. Cuando las concentraciones de CO y/o NO₂ en el ambiente de trabajo superen los límites de exposición ocupacional en agentes químicos permitidos en el ANEXO 15 del presente reglamento.
 2. Cuando las emisiones de gases por el escape de esta máquina superen 500 ppm de monóxido de carbono o 100 ppm de dióxido de nitrógeno, medidos en las labores subterráneas donde se llevan a cabo sus actividades.
- f) Para reducir las emisiones de gases y material particulado (hollín) de los motores petroleros, establecer y ejecutar programas mensuales de mantenimiento preventivo de equipos de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.

Balance Actual de Ventilation

Cálculo caudal requerido

a) Requerimientos de aire para personal

Este requerimiento se ha calculado tomando en cuenta el personal de la empresa y las diversas empresas especializadas que trabajan en la mina interna, priorizando la guardia con la mayor cantidad de trabajadores. En la Tabla 2 siguiente: se detalla la fuerza laboral de mina Carahuacra y en la Tabla 3, el requerimiento de aire para el personal.

Tabla 2. Fuerza Laboral Carahuacra

RESUMEN DE LA FUERZA LABORAL CARAHUACRA	GUARDIAS		
	A	B	C
PERSONAL EN AVANCES	31	31	31
PERSONAL EN PRODUCCION	25	25	25
PERSONAL EN SERVICIOS	17	17	17
PERSONAL EN TUNEL VICTORIA	14	14	14
PERSONAL DE VOLADURA	8	0	0
PERSONAL DE SUPERVISIÓN	7	5	5
TOTAL PERSONAL	102	92	92

Tabla 3. Requerimiento de Aire para el Personal

RESUMEN DE LA FUERZA LABORAL CARAHUACRA	hombre/ guardia	CAUDAL REQUERIDO	
		m ³ /min	CFM
PERSONAL EN AVANCES	31	186	6,568
PERSONAL EN PRODUCCION	25	150	5,297
PERSONAL EN SERVICIOS	17	102	3,602
PERSONAL EN TUNEL VICTORIA	14	84	2,966
PERSONAL DE VOLADURA	8	48	1,695
PERSONAL DE SUPERVISIÓN	7	42	1,483
TOTAL	102	612	21,611

b) Requerimientos de Aire para Equipos Diesel

Según el Decreto Supremo 023-2017-EM, HP necesita un caudal de 3 m³/min. Se considera el factor de simultaneidad del 90% porque es el mínimo permitido por el Ministerio de Energía y Minas. La Tabla 4 muestra la necesidad de aire para los equipos diésel.

Tabla 4. Requerimiento de Aire para Equipos Diesel

EQUIPOS	Cantidad	HP c/u	HP Total	M3 / min	CFM
Scoop de 6 yd3 (CIA)/(EE)	7	240	1680	5040	177,962
Scoop de 4 yd3 (CIA).	1	185	185	555	19,597
Volquetes Volvo	8	400	3200	9600	338,976
Jumbo Electrohidraulico (CIA)	3	80	240	720	25,423
Jumbo Electrohidraulico (EE)	3	80	240	720	25,423
Simba	2	80	160	480	16,949
bokat	1	80	80	240	8,474
Dumper 20TN(CIA)	2	140	280	840	29,660
Equipo schocrete (Tornado)	2	120	240	720	25,423
Equipo schocrete (Alfa)	1	80	80	240	8,474
Scailer	2	80	160	480	16,949
D5K	1	120	120	360	12,712
Camionetas (CIA)/(EE)	5	75	375	1125	39,724
Camion Servicios (EE)	2	140	280	840	29,660
TOTAL PARA COBERTURAR 100%				21960	775,408
TOTAL PARA COBERTURAR 90%				19764	697,867

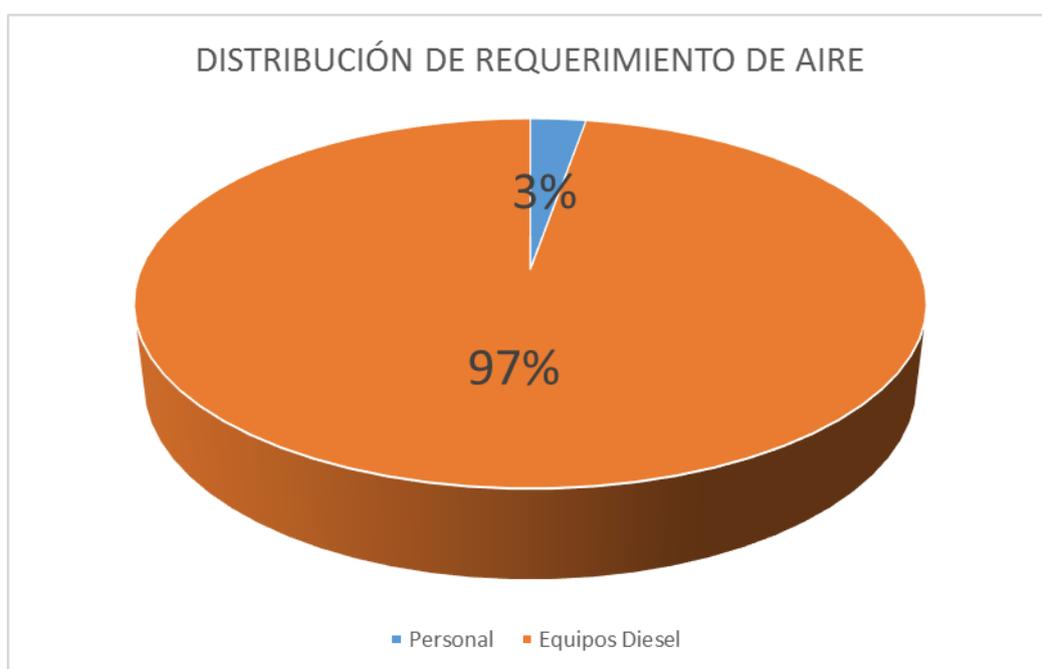
c) **Requerimiento Global de Aire – actual**

La Tabla 5 muestra la estimación del requerimiento global de aire a partir de los caudales necesarios para personal y equipos diésel. Los equipos representan el 97% del caudal requerido, según la Ilustración 6.

Tabla 5. Requerimiento Global de Aire

RESUMEN	CAUDAL REQUERIDO		Distribución
	m3/min	CFM	
Personal	612	21,611	3%
Equipos Diésel	19,764	697,867	97%
Total	20,376	719,478	100%

Ilustración 6. Disposición de Requerimiento de Aire



Medición de Aforos de la Mina

a. Levantamiento de ventilación

Para calcular el balance general de aire, la mina utiliza un esquema de aforos en las entradas y salidas de aire principales.

Para medir el aforo de aire, se establecieron las bocaminas y chimeneas activas de la mina para calcular los flujos para el balance de aire.

b. Equipos de Medición

Instrumentos de ventilación utilizados que han sido certificados para su calibración.

- 01 Medidor Multifuncional digital Testo 435-4 (anemómetro)
- 01 Sonda Testo 435-4 - Sonda molinete de 60 mm Ø
- 01 Distanciómetro
- 01 Tubo de humo
- 01 Cronómetro digital

La Tabla 6, Detalla un resumen de los puntos medidos

Tabla 6. Resumen de los Puntos Medidos

INGRESO DE AIRE	DETALLE	CAUDAL	
		M3 / min	CFM
PIQUE CENTRAL - Nv820	Aire proveniente del Túnel Victoria, Pique Principal	328	11,568
PIQUE INCLINADO, Nv.820	Aire proveniente del Pique Huaripampa, Ch 1945	515	18,178
RB590, Nv.820	Aire proveniente del Túnel Victoria, Pique Principal, Pique Huaripampa	1,930	68,134
Rpaa-387, NV920	Aire proveniente de la zona Lidia-Mina San Cristóbal	3,954	139,625
RB1426, Nv.820	Aire proveniente del Túnel Victoria, Pique Principal, Pique Huaripampa	2,304	81,354
TOTAL INGRESO		9,030	318,858

SALIDA DE AIRE	DETALLE	CAUDAL	
		M3 / min	CFM
RB - 823	Aire proveniente del Nv 1020 By Pass 700E, RP 850 (+), Nv 1120 Acc 417, Bv Pass 1120	7,812	275,842
RB - 847	Aire proveniente del Nv 870 Acc 916, Nv 920, Nv 1120, Nv 1070	1,540	54,360
TOTALSALIDA		9,352	330,201

Balance de Ventilación de Mina (Enero 2022)

El sistema de ventilación actualmente tiene una cobertura del 44.32 %; la demanda total es de 719,478 CFM, con un déficit de volumen de aire de 400,620 CFM. Ver Tabla 7.

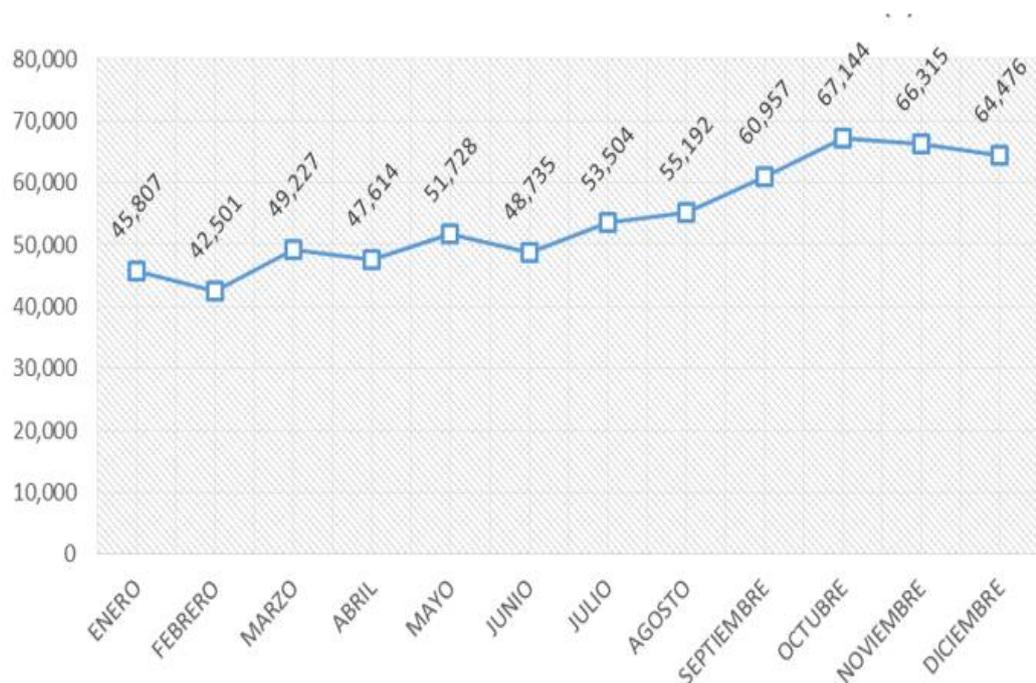
Tabla 7. Balance Global

BALANCE GLOBAL		
Caudal	m ³ /min	CFM
Ingreso de aire	9,030	318,858
Salida de aire	8,892	330,201
Aire requerido	20,376	719,478
Cobertura		44.32%

Incremento de la Producción

Minera Carahuacra a lo largo del año 2021 ha incrementado su producción considerablemente como se ve en la Ilustración 7, lo que ha repercutido en el aumento del uso de equipos diésel, sobre todo en volquetes de 12m³.

Ilustración 7. Producción Mensual Mina Carahuacra (2021)



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Modelamiento en Ventsim Visual

Ventsim es un programa australiano que se inició en 1994 para ayudar a los diseñadores de sistemas de ventilación subterráneos a diseñar, mejorar y

optimizar visualmente. Más de 1000 mineras, consultores, universidades, gobiernos y organismos de investigación lo utilizan ahora en el mundo.

El software de ventilación Ventsim Visual, que se lanzó en 2009, ofrece muchas más funciones que el original Ventsim Clásico y una gran riqueza gráfica y dinámica para la ventilación ambiental.

Uso de Software Ventsim Visual 3D:

El paquete de simulación de ventilación de una mina subterránea llamado Ventsim tiene como objetivo simular corrientes de aire utilizando un modelo de red de vías aéreas. Ventsim Visual facilita la creación, interpretación y manipulación de redes de vías aéreas y es fácil de usar tanto para principiantes como para expertos en modelado de ventilación.

Algunas características del programa:

- Las redes pueden ser fácilmente creadas a escala real en tres dimensiones, simplemente dibujando las vías aéreas
- Permite que el modelo se mueva en 3D en tiempo real para ayudar en la visualización y la creación
- Importar y exportar datos de hojas de cálculo, paquetes CAD o paquetes de planificación minera
- Permite realizar la simulación de contaminantes y simulaciones de humo o gases a través de una mina
- Se pueden introducir en una red hasta 1500000 ramales individuales
- Este programa está basado en el método de Hardy Cross para analizar redes cerradas de ventilación en la minería subterránea.

Calibración

Se valida la información recolectada en el campo y se ajusta al modelo Ventsim final. El objetivo es determinar si el modelo se ajusta a las circunstancias actuales (Establecer la ubicación de ventiladores, puertas reguladoras, sección de las labores y otros). La calibración nos permite garantizar que el modelo se encuentra listo para realizar las simulaciones.

Ajuste de los Parámetros de Simulación

Para lograr un modelo en Ventsim Visual se debe asignar propiedades de la mina al software, tales como, densidad media del aire en mina, la altitud, costo de energía, etc.

- Datos de entrada para el software Ventsim Visual 3D
- Altitud de la superficie en mina: 4250 msnm.
- Densidad del aire: 0.67 kg/m³.
- Presión Barométrica: 599.0 hPa. (59.90 kPa)
- Flujo de aire: compresible.
- Costo de energía: 0.06 US\$/Kw-Hora.

Grado de Calibración del Modelo

Con el modelo de simulación de la mina Carahuacra, donde se ha realizado los ajustes de parámetros de simulación. Se tiene que verificar la validez de la calibración del modelo generado por el software Ventsim Visual. Se comparan los resultados del programa con los datos medidos en la mina.

Para verificar la validez del modelo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Variación} = \frac{\Sigma \text{Flujos Campo} - \Sigma \text{Flujos Simulado}}{\Sigma \text{Flujos Campo}} \times 100$$

Se genera un resumen en Ventsim del estado actual para observar los resultados de ingresos y salidas de aire, como se muestra en el reporte adjunto en

la Tabla 8 y en la Tabla 9, la comparación de caudales estimados en campo y Ventsim.

Tabla 8. Resumen Red del Sistema de Ventilación - Enero 2022

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Todos los Airways	37884
Actual etapa conductos	2663 y 51 Exclusión
Longitud total	52,879.8 m
Caudal de aire total de admisión	368,084 cfm
Caudal de aire total de escape	394,714 cfm
Flujo de masa total	118.30 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.01895 Ns ² /m8
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.01895 Ns ² /m8

Tabla 9. Validación de Resultados en Campo – Ventsim

	CAUDAL CFM		
	CAMPO	VENTSIM	VALIDACIÓN
INGRESO DE AIRE	318,858	368,084	-15%
SALIDA DE AIRE	330,201	394,714	-20%
TOTAL NECESIDAD DE AIRE	719,478	719,478	----
COBERTURA	44.32%	51.16%	-15%

4.3. Prueba de Hipótesis

Para efectuar la prueba de hipótesis, tendremos que hacer uso de las variables Independiente y dependiente, las cuales fueron expuestas en el proyecto y por los cuales se acepta la hipótesis que nos permitirá efectuar la Adecuación del sistema de ventilación para el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuaraca.

- ✓ **H0:** Adecuación del sistema de ventilación en la Unidad Minera Carahuaraca.

- ✓ **H1:** Proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuaracra.

4.4. Discusión de Resultados

Análisis de Alternativas a Corto Plazo

El equipo de ventilación de la mina se utilizó en el proceso de análisis y propuesta de alternativas basado en el sistema de ventilación actual, las condiciones de operación y las proyecciones.

Escenario N° 01

Definir un eje para la extracción de aire viciado y obtener un ingreso de aire fresco que ventile ante las zonas de producción, como las labores de desarrollo.

Plan de Acciones

- a. La ejecución del RB-848 el cual servirá como salida de aire viciado, en este punto se ubicarán dos ventiladores en paralelo de 150,000 CFM cada uno. Este Rb se inicia en superficie hasta el Nv 870, con una longitud aproximada de 360 m. y diámetro de 3.66m.
- b. Coordenadas del RB:
Inicio: 383,389 E; 8 704,486 N; 4,179 Z.
Fin: 383,376 E; 8 704,484 N; 4,540 Z.
- c. Con este Rb nos permitirá convertir a la Rb 847 en un punto de ingreso de aire para proveer de aire fresco a la profundización del Nv 1020.
- d. Instalar 2 ventiladores en paralelo de 150,000 CFM cada uno en la cabeza del Rb 848.
- e. Rehabilitar el Pique Principal, realizar un mantenimiento para que los cuadros de madera no se derrumban y evitar perder 75,000 CFM de caudal de aire que ingresa a la mina.
- f. Cambiar el ventilador secundario de 60,000 CFM en la cabeza del Rb 705 por uno de 100,000 CFM.

Este plan de acción nos permitirá llegar a una cobertura del 92 %, mejorando las condiciones ambientales en la profundización, en la Ilustración 8, se aprecia una vista isométrica con la ubicación del RB 848.

Ilustración 8. Panorama del RB. 848

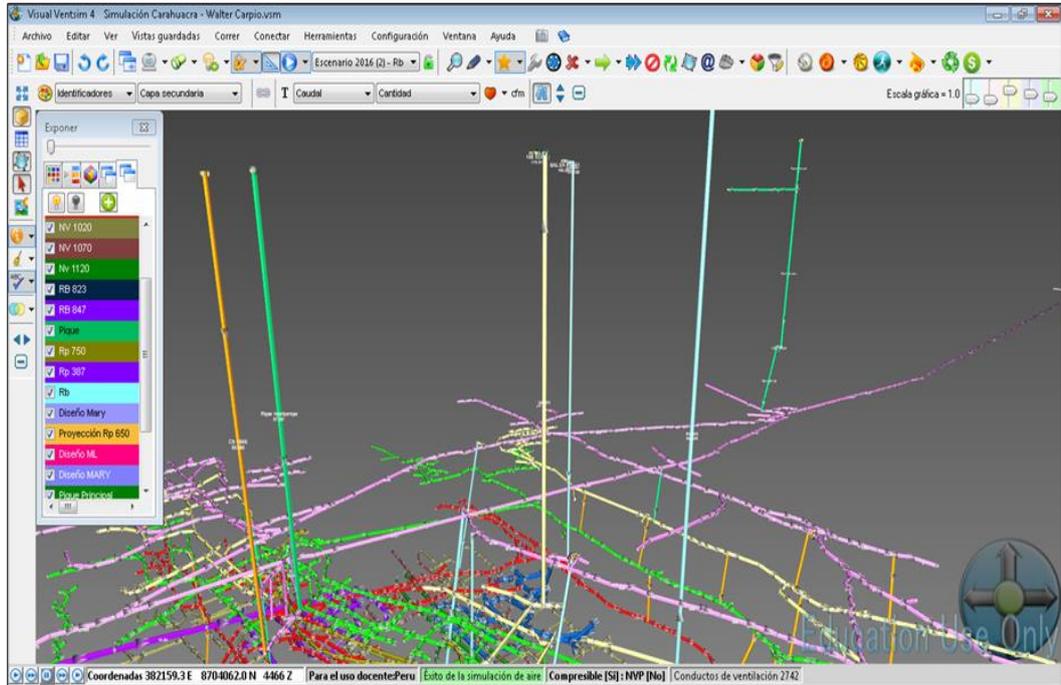


Ilustración 9. Vista en Planta Ubicación RB. 848

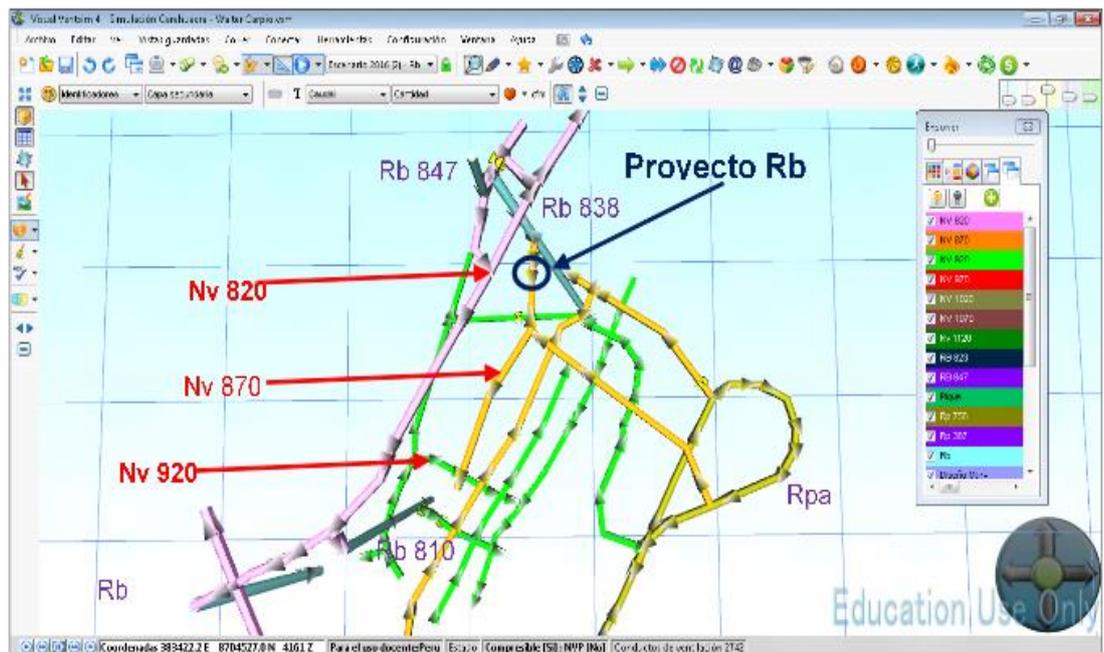


Tabla 10. Resumen Red del Sistema de Ventilación (Escenario 1)

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Todos los Airways	37884
Actual etapa conductos	2682 y 50 Exclusión
Longitud total	53,882.0 m
Caudal de aire total de admisión	666,282 cfm
Caudal de aire total de escape	714,747 cfm
Flujo de masa total	211.95 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.01091 Ns ² /m ⁸
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.01091 Ns ² /m ⁸

Observamos un incremento del flujo de aire en comparación con la situación actual, llegando a 665,655 CFM, ello con la puesta en operación de los ventiladores de 150,000 CFM propuesto en el RB-848, en la Tabla 11, se muestra un resumen del caudal en CFM para el escenario 1.

Tabla 11. Resumen Caudal CFM - Escenario 1

Caudal	Resultado de simulación Estado Actual		Resultado de simulación Escenario 1	
	m ³ /min	CFM	m ³ /min	CFM
Ingreso de aire	10,424	368,084	18,852	665,655
Salida de aire	11,179	394,714	20,241	714,725
Aire requerido	20,376	719,478	20,376	719,478
Cobertura	51.16%		92.52%	

Con la comunicación de la Rb 848, se mejora las condiciones de trabajo y con la Rb 847 estaríamos mejorando las condiciones en las labores por donde ingresaría aire fresco.

La Rb 848, incluida al sistema, representa un caudal de 357,490 CFM y la Rb 847 presenta un ingreso de aire fresco de 134,627 CFM.

Escenario N° 02

Debido a la coyuntura de bajos precios se debe optimizar el uso de nuestros propios recursos.

Plan de acciones

- a. Instalar 2 ventiladores en paralelo de 150,000 CFM cada uno en la cabeza del RB 847, los cuales funcionarían como extractores de aire viciado.
- b. Mover el ventilador de 110,00 CFM instalado en el RB 823 y cambiarlo por otro de 150,000 CFM. Se tendrá 4 ventiladores de 150,000 CFM instalados en la mina Carahuacra.

En la Ilustración 10, se aprecia una vista isométrica de las RB 847 y RB 823

Ilustración 10. Panorama del RB. 847 – RB. 823

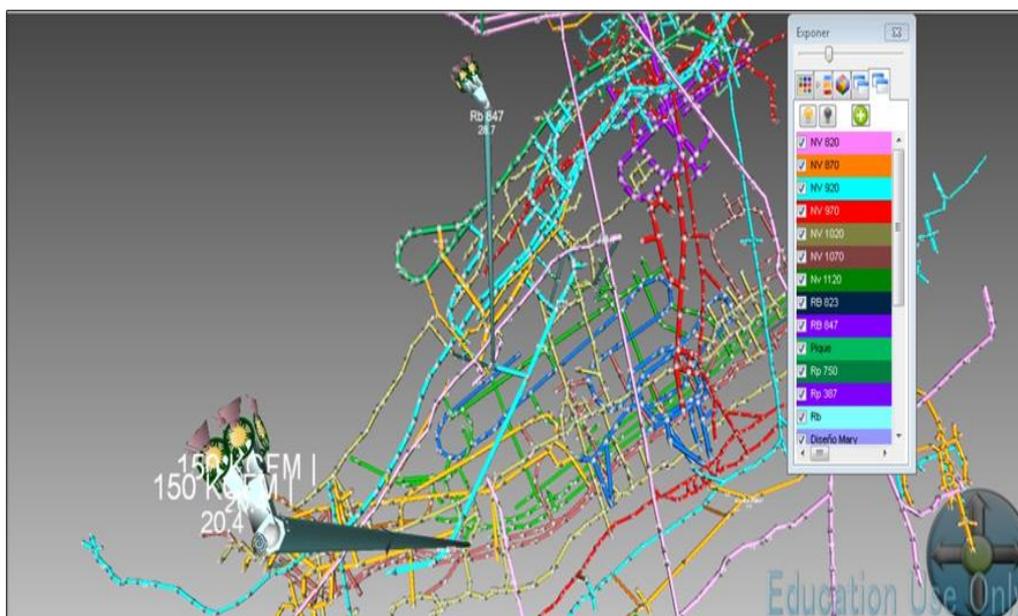


Tabla 12. Resumen Red del Sistema de Ventilación (Escenario 2)

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
Todos los Airways	18402
Actual etapa conductos	2664 y 51 Exclusión
Longitud total	52,889.8 m
Caudal de aire total de admisión	594,819 cfm
Caudal de aire total de escape	646,621 cfm
Flujo de masa total	207.56 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.02235 Ns ² /m8
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.02235 Ns ² /m8

En la Tabla 13, se observa un incremento del flujo de aire en comparación con la situación actual, llegando a 594,819 CFM, ello con la puesta en operación de los ventiladores de 150,000 CFM propuesto en el RB-847.

Tabla 13. Resumen Caudal CFM - Escenario 2

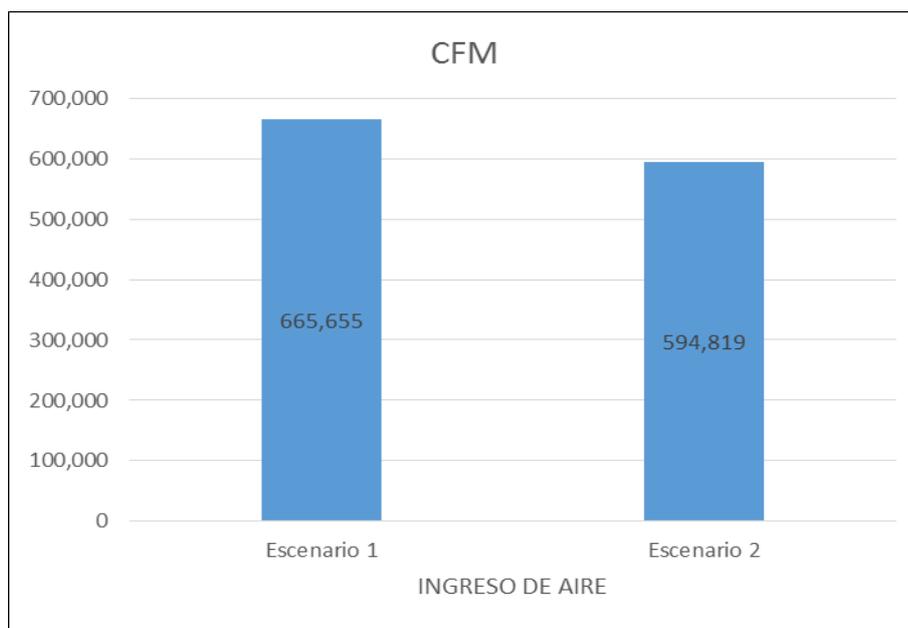
Caudal	Resultado de simulación Estado Actual		Resultado de simulación Escenario 2	
	m3/min	CFM	m3/min	CFM
Ingreso de aire	10,424	368,084	16,846	594,819
Salida de aire	11,179	394,714	18,313	646,621
Aire requerido	20,376	719,478	20,376	719,478
Cobertura	51.16%		82.67%	

La RB 847 presenta una salida de aire viciado de 296,725 CFM.

Resumen Comparativo de Alternativas

El escenario 01 genera un caudal de 665,655 CFM, con este flujo llegamos a una cobertura del 92.52%. Ver Ilustración 11.

Ilustración 11. Resumen Comparativo de Alternativas



Análisis de la Simulación de Alternativas - Base

El objetivo principal de la planificación de proyectos es lograr el mejor avance posible en la explotación para lograr un desarrollo coherente de las diferentes actividades. Por esta razón, es crucial que la planificación correlacione todas las fases de la operación de la mina.

Se recomienda estandarizar el sistema de ventilación según su contexto actual, con el objetivo de proporcionar un ambiente seguro y saludable para el personal. A continuación, se detalla algunos estándares del sistema de ventilación según el tipo de minado mecanizado:

- Construir chimeneas principales de ventilación de sección 3m x 3m.
- Las dimensiones de las galerías que se construyen deben ajustarse al rumbo de la veta para albergar los equipos de acarreo, así como las tuberías de servicios de agua y aire.

Análisis de los Proyectos

ZONA OESTE

El desarrollo de esta zona, se inicia con la continuación de la Rampa 650 por la veta Mary.

Las galerías que se construyen siguiendo el curso de la veta tendrán partes que correspondan a las dimensiones de los equipos de acarreo, las instalaciones de ductos y mangas de ventilación, tuberías de agua, aire, línea de disparo, red eléctrica y línea de comunicación.

Las chimeneas de ventilación primaria en los trabajos de desarrollo tienen un diámetro de 3m.

En la Ilustración 12 e Ilustración 13 se muestra la validación del circuito para las proyecciones de la Veta Mary y María Luisa respectivamente.

Ilustración 12. Proyectos Zona Oeste Veta Mary

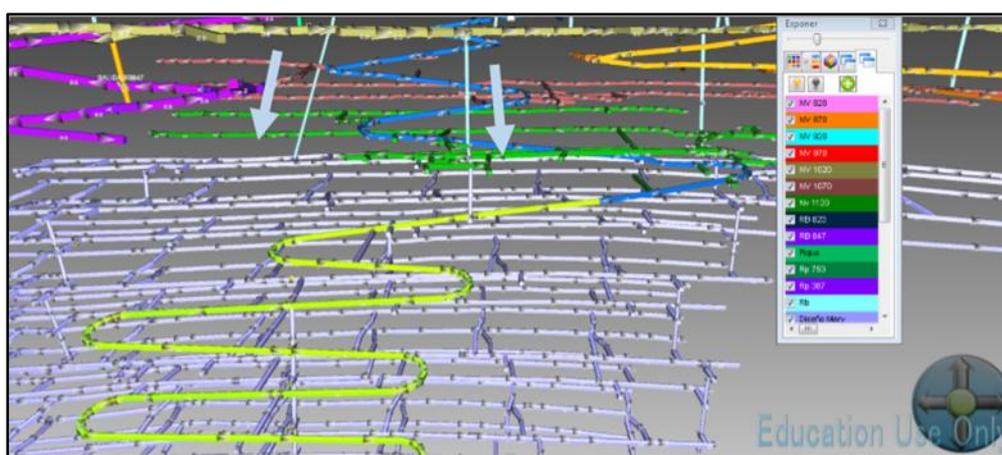
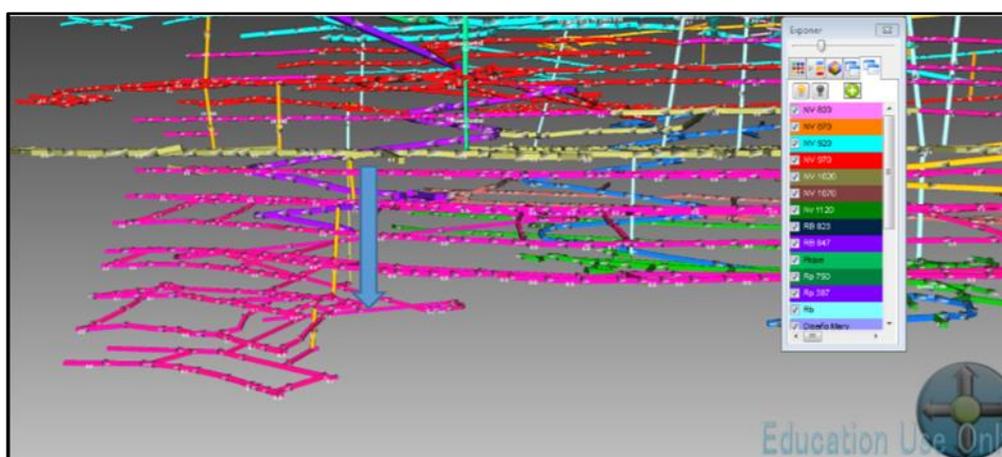


Ilustración 13. Proyectos Zona Oeste Veta María Luisa



ZONA ESTE

Se direccionará el flujo de aire viciado con la colocación de compuertas/cortinas o tapones, ello para evitar que este flujo se pierda por labores ya tajeas o abandonadas. Incluso, se proyecta colocar un ventilador secundario para ayudar en la extracción de aire viciado. Esto se lleva a cabo por medio de la RB 823.

En la Ilustración 14 e Ilustración 15 se muestra la validación del circuito para las proyecciones de la Veta Mary y María Luisa respectivamente.

Ilustración 14. Proyectos Zona Este Veta Mary

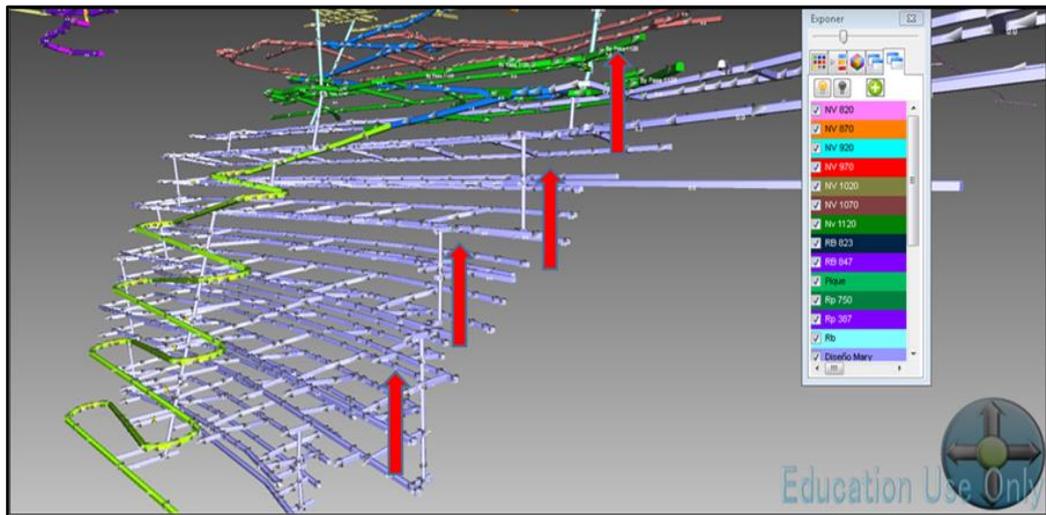
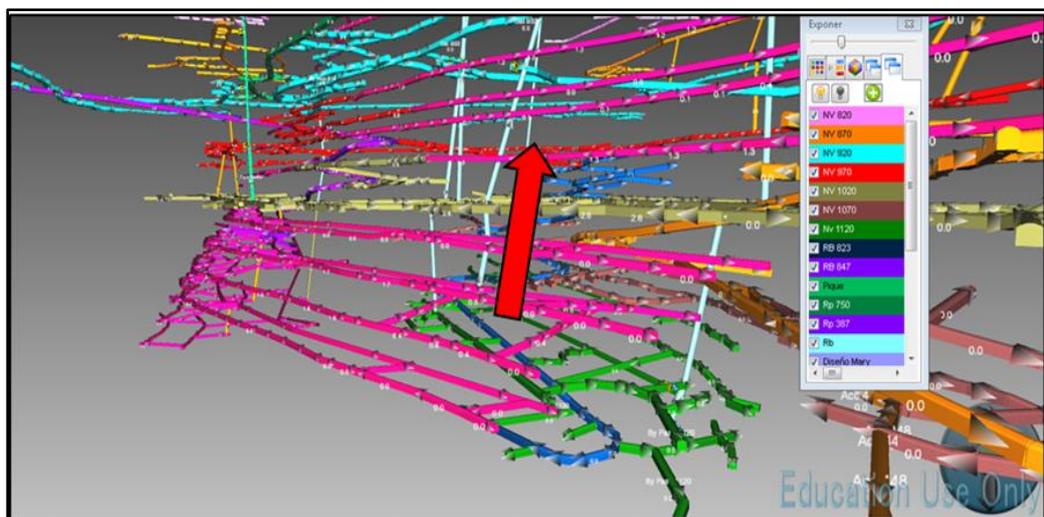


Ilustración 15. Proyectos Zona Este Veta María Luisa



CONCLUSIONES

- En las condiciones actuales (enero 2022), el levantamiento de campo muestra los siguientes valores:
 - Cantidad de Entrada: 318,858 CFM
 - Cantidad de Salida: 330,201 CFM
- La Necesidad de Aire actual:
 - Para el personal: hay 102 trabajadores por guardia en el trimestre 1 y la CFM de la mina es de 21,611 m³/min, considerando la altitud de la mina de 4250 metros sobre el nivel del mar. (6 m³/min por individuo)
 - Cuando se trata de equipos diésel, Con un factor de simultaneidad del 90%, se calculó el caudal necesario para el uso de equipos diésel, con el propósito de exigirnos alcanzar el máximo requerido por las supervisiones de Osinergmin (Q2): 697,867 CFM (19,764 m³/min).
- El caudal requerido Total: (Q1) + (Q2): 719,478 CFM
- La Cobertura de Aire actual (enero 2022), es de 45 %. Se debe tener en cuenta que la producción ha ido aumentando considerablemente en todo el año 2021, por lo tanto, ha incrementado el uso de equipos diésel y por otro lado a inicios de enero de 2022 se malogró un ventilador principal de 150,00 CFM, provocando una reducción de la cobertura de aire de 75%, medido en noviembre de 2021, a 45 % medido en enero 2022.

RECOMENDACIONES

- Evaluar la flota actual de equipos diésel para un tamaño de producción de 2,000 tpd, con la finalidad de reducir el requerimiento de caudal de aire para obtener una mayor cobertura.
- Reducir los costos de operación mediante estudios de tiempo para maximizar el uso del equipo para enfrentar posibles caídas de precios y mejorar los resultados del sistema de ventilación.
- Ejecutar chimeneas secundarias a medida que se va profundizando la mina para mejorar en circuito de ventilación.
- Reevaluar el estudio de repotenciación del Pique Central como alternativa para reducir costos de transporte y reducción del monóxido por parte de los equipos de transporte de mineral de la mina Carahuacra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, H; Álvarez, H. 2012. Influencia de la ventilación natural y mecánica en el diseño del sistema de ventilación de las galerías del nivel 1950 Mina Calpa – Arequipa. Tesis Lic. Huancavelica, Perú, Universidad Nacional de Huancavelica. 63 p.
- Airtec. 2017. Estudio de ventilación del proyecto Chaquicocha North Exploration Drift. Informe Técnico. Lima, Perú. 32 p.
- Basurto, J. 2014. Validación del muestreo de blastholes por canales en zonas de mineralización de sulfuros, Proyecto Yanacocha Verde-Cajamarca. Informe de suficiencia. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. 82 p.
- Bustillo, M. y Lopez, C. 1996. Recursos Minerales. Tipología, prospección, evaluación, explotación, mineralurgia e impacto ambiental. Madrid: Graficas Arias Montana, 1996.
- Carabajo, C. 2015. Diseño del circuito de ventilación de la zona norte de la Mina Cabo de Hornos, ubicada en el distrito aurífero - polimetálico Portovelo – Zarumala. Tesis Lic. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 203 p.
- Claverias, J. 2014. Evaluación y optimización del sistema de ventilación de la Compañía Minera Caraveli S.A.C. aplicando el software Ventsim Visual 3. Tesis Lic. equipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa. 130 p.
- Córdova, C; Molina Escobar, JM. 2011. Caracterización de sistemas de ventilación en minería subterránea. Boletín de Ciencias de la Tierra (29): 73-86.
- Jiménez, P. 2011. Ventilación de minas subterráneas y túneles: Práctica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackles. Lima, Perú, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 255 p.
- Kingery, D. 1960. Introduction to mine ventilating principles and practices. Whashington. United States. 53 p.

- López, C. 2011. Manual de túneles y obras subterráneas. Madrid, España, ETSI Minas - Universidad Politécnica de Madrid. 2998 p.
- Vásquez, A., Galdames, B. y Le-Feaux, R. (1998). Apunte preliminar diseño y operaciones de minas a cielo abierto. Santiago, Chile: Apuntes de clase.
- Yana, R. (2014). Planeamiento de Minado a Mediano y Largo Plazo Empresa Minera Santa Luisa S.A. Proyecto Mina Atalaya (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

ANEXOS

Anexo I. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: Adecuación del Sistema de Ventilación para el Proceso de Explotación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli - Junín. Tesista: Bach. Adan, Ignacio Limachi.						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVEST
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cómo adecuar el sistema de ventilación, para el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín .?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>A. ¿De qué manera adecuamos la ventilación, para obtener la producción requerida en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín?</p> <p>B. ¿Cómo establecemos el sistema de ventilación, durante los avances de la explotación subterránea en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Adecuar el sistema de ventilación, para el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>A. Adecuar la ventilación, para obtener la producción requerida en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.</p> <p>B. Establecer el sistema de ventilación, para los avances de la explotación subterránea en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.</p>	<p>GENERAL</p> <p>Si adecuamos el sistema de ventilación mejorara el proceso de explotación en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>A. Si adecuamos la ventilación, obtendremos la producción requerida en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.</p> <p>B. Si establecemos el sistema de ventilación avanzaremos en la explotación subterránea en la Unidad Minera Carahuacra, Yauli – Junín.</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>X: Adecuación del Sistema de Ventilación.</p> <p>Dependiente</p> <p>Y: Proceso de Explotación.</p>	<p>Planeamiento</p> <p>Procesó de explotación</p> <p>Parámetros de ventilación</p> <p>Seguridad</p> <p>Costos</p>	<p>Gestión Minera</p> <p>Planeamiento Minero.</p> <p>Proceso de producción.</p> <p>Seguridad</p> <p>Ventilación Minera.</p>	<p>TIPO:</p> <p>Aplicada.</p> <p>NIVEL:</p> <p>Evaluativa.</p>

VENTILACIÓN SUBTERRÁNEA



Ing. Manuel Figueroa Galiano

OBJETIVOS

- Proveer el aire necesario para la vida y normal desempeño de los hombres y buen funcionamiento de las máquinas y equipos.
- Diluir y extraer los gases asfixiantes, tóxicos y/o inflamables que se generan esporádica y permanentemente en la mina.
- Control de las concentraciones de polvos nocivos para la salud y perjudiciales para el funcionamiento de las máquinas y equipos mineros, mediante filtración, humidificación, dilución y extracción.
- Control de la temperatura ambiente de la mina mediante calefacción ó refrigeración.
- Control de flujos de aire en la mina en casos de incendios subterráneos.

A fin de lograr este objetivo será necesario:

- Garantizar una dotación de aire fresco y limpio tanto a los frentes de trabajo, aprovechando las condiciones naturales y empleando medios auxiliares.

El método más común para cumplir esta función, es hacer circular aire fresco y limpio en forma continua .

El diseño de un sistema de ventilación de mina puede considerarse en dos partes:

- a) El planeamiento de las necesidades de aire en las labores subterráneas ; y
- b) El planeamiento de la distribución del flujo de aire a fin de satisfacer dichas necesidades.

La segunda y mas importante es:

- a) La ubicación, dimensionamiento y determinación de las propiedades aerodinámicas de los conductores de aire.
- b) La ubicación y dimensionamiento de las características que deberán tener los ventiladores.
- c) La ubicación y determinación de las propiedades que deberán tener los reguladores y las puertas de ventilación.
- d) La evaluación del papel desempeñado por la ventilación natural.
- e) El diseño de planos de ventilación que contemplan la posible falta de ventiladores, incendios, y otras emergencias.

PLANIFICACIÓN DE LA VENTILACIÓN

Antes que una mina empiece a operar, la empresa debe decidir sobre lo siguiente:

- ¿Que tipo de métodos de explotación serán usados?
- ¿Cuántas áreas/secciones se operarán?
- ¿Cuál es la extensión de las reservas y serán estas explotadas con un sistema de chimeneas?
- ¿Cuál es la cantidad y tamaño de los túneles a ser explotados?
- ¿Cuál es la profundidad e inclinación de las reservas?
- ¿Que servicios se requieren en los socavones?
- ¿El trazado de la mina y los tiempos de las actividades?

CONSECUENCIAS DE UN MAL CONTROL MINERO

- Mal desempeño de los trabajadores, lo que repercute en una mala productividad. Hombre/turno.
- Se producen enfermedades profesionales: Enfermedades generadas por polvos: Neumoconiosis – Ejm. Silicosis, Siderosis, Talcosis, Antracosis, etc.
- Posibles explosiones o incendios, que se pueden traducir en:
 - Pérdidas humanas
 - Pérdida de equipos
 - Paralización de las tareas.

LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LOS GASES MAS FRECUENTES EN LAS MINAS PERUANAS.

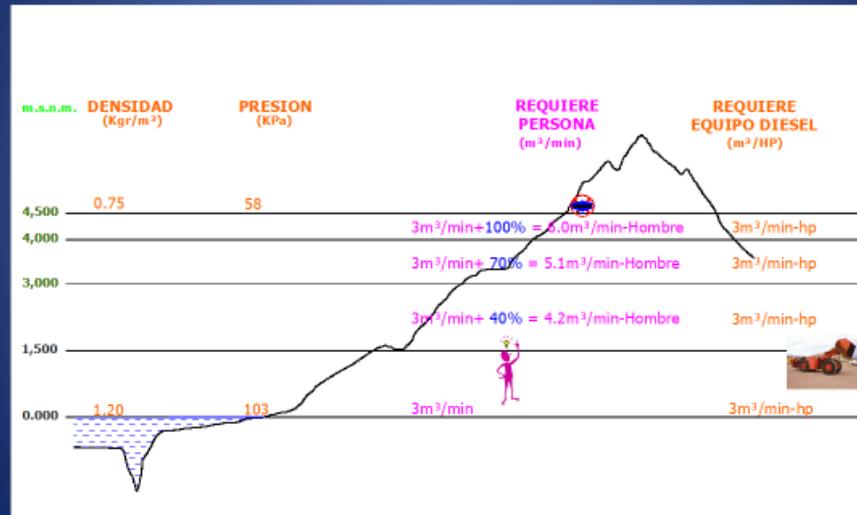
GAS	EN PPM.	(%)
O ₂	-	19,5%, mínimo
CO	25	0,0025%
NO _x	5	0,0005%
CO ₂	5 000	0,5%
SO ₂	5	0,0005%
H ₂ S	10	0,001%
CH ₄	5 000	0,5%
H ₂	5 000	0,5%
Aldehidos	5	0,0005%

Fuente: Art. 86°.- Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (MEM).

Velocidad del aire en labores subterráneas

- En toda labor la velocidad del aire no será menor de :
20 mts./mín ; ni superior a 250 mts./mín
(0.33 mts./seg.) (4.2 mts./seg.)
- Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura la velocidad del aire no será menor de:
25 mts./mín (0.42 mts./seg.)

Art. 204.- Se dotará de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinas y para evacuar los gases, humos y polvos suspendidos que pudieran afectar la salud del trabajador.



AIRE ATMOSFÉRICO

El aire atmosférico es una mezcla de una serie de gases, cada uno de los cuales tiene propiedades físicas y químicas propias.

La composición del aire puro seco es:

	% en Volumen	% en Masa
Nitrógeno	78,09	75,53
Oxígeno	20,95	23,14
Dióxido de Carbono	0,03	0,046
Argón, helio, neón, etc.	0,93	1,284

Para efectos prácticos el aire puro seco es:

Nitrógeno	78.09%
Oxígeno	20.95%
CO2 + Otros Gases	1%

La densidad del aire a nivel del mar y a 21 grados centígrados es de 1,2 Kg/m3.

En atmósferas normales, el aire seco no existe ya que normalmente contiene un porcentaje variable de vapor de agua (0,1 y 4% de su masa)

La masa de un gas determinado presente en un espacio de 1m3 dependerá de su temperatura y la presión ejercida sobre el mismo.

La presión ejercida en un gas estará constituida por la presión atmosférica y las presiones adicionales generadas por medios mecánicos tales como ventiladores ó compresores.

La humedad del aire en la mina proviene de la humedad que entra del exterior y de la evaporación de las aguas interiores. Se mide con el higrómetro. También la temperatura se ve modificada por distintas razones:

A partir de los 300 metros de profundidad la temperatura de la roca asciende 1º C cada 33 metros.

Deshulle. Complejidad del recorrido de las galerías.

Calentamiento de tuberías y maquinas.

Oxidaciones.

Personal.

Para conseguir una buena temperatura ambiente hay que aislar ó disminuir las fuentes de calor, mejorar la ventilación y realizar acciones complementarias refrigerantes.

EL AIRE Y LA ALTURA

En las alturas el % de oxígeno de **20,95 %** disminuye a **19,5 %** y su densidad baja de **1,2 Kg/m³** a **0,75 Kg/m³** según altitud.

A una altura de aproximadamente 4500 msnm. La densidad es de 0,75 Kg/m³, existe una disminución de oxígeno el cual se debe a que en la altura la presión barométrica disminuye y con ello la presión parcial del oxígeno disminuye, disminuye el número de moléculas de oxígeno en un pie cúbico requeridos por la sangre.

Por esto cuando inhalamos el aire en la altura sentimos los efectos del sueño, dolor de cabeza, mareos, debido a la presión y a la menor cantidad de oxígeno.

Propiedades del Aire

- Densidad.
- Gravedad Específica.
- Presión Atmosférica.
- Humedad Relativa.
- Temperatura.
- Viscosidad

AIRE ATMOSFÉRICO DE LA MINA

El aire atmosférico al ingresar a la mina sufre cambios en su composición. El N_2 sube, el O_2 baja, aumenta el CO_2 y también se produce aumento de vapor de agua.

Existe generación de gases y polvos que también se suman a esta nueva composición aumenta su T, humedad y peso específico.

Causas:

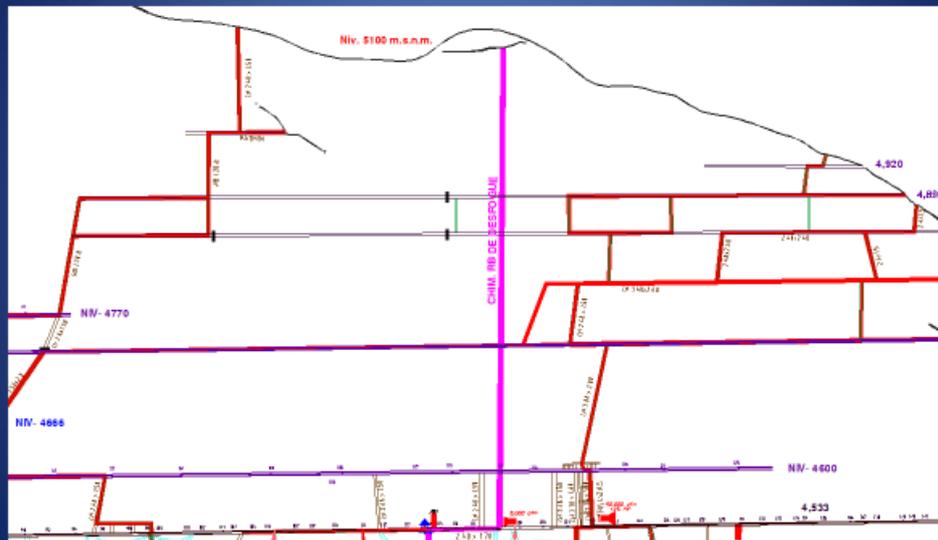
- Respiración de los hombres
- Equipos de combustión interna
- Voladuras e incendios (Explosivos nitrosos, ANFO)
- Descomposición de sustancias ó materiales minerales y/o orgánicas.
- Presencia de aguas estancadas.
- Operaciones básicas de la explotación.
- Talleres de soldadura y otros (humos notrosos)

AIRE EXHALADO POR LOS PULMONES

79 %	Nitrógeno	79 %	Nitrógeno
17 %	Oxígeno	16 %	Oxígeno
4 %	Anhídrido Carbónico	5 %	Anhídrido Carbónico
100 %	Total	100%	Total

Este aire exhalado, ya no es apto para la respiración normal porque el porcentaje de oxígeno mínimo para respirar es de 19,5 % y el máximo permitido de CO_2 es de 0,5 % por lo que hay que proveerse de aire nuevo para que el CO_2 no vaya creciendo y vaya disminuyendo el O_2 y la persona muera por asfixia, que es diferente del caso de deficiencia de Oxígeno sin aumento de CO_2 .

Proyecto ejecución Raise Borer para Ventilación



CAUSAS POSIBLES DE UNA FALTA DE VENTILACIÓN:

Puede ser debida a las siguientes causas, estas son:

- La profundidad de la mina.
- No respetar los reglamentos establecidos.
- Las malas condiciones de los circuitos: longitud, sección, obstáculos, etc.
- Mala utilización de las puertas de ventilación.
- Porcentajes altos de gases nocivos.
- La humedad del aire.

En la ventilación minera existen tres tipos de control :

- Control de Calidad
- Control de cantidad
- Control termo ambiental

Control de Calidad.- Asegura que los contaminantes gases y polvos no rebasen los niveles tolerables o permisibles y comprende:

- Determinación de los gases nocivos en el ambiente manteniéndolos dentro de los niveles permisibles.
- Control de polvo ambiental
- Concentración en el ambiente
- Tamaño de las partículas
- Composición mineralógica
- Tiempo de exposición

Control de Cantidad.- Comprende:

- Control de velocidad del aire
- Verificación del caudal del aire de acuerdo a las normas
- Control de distribución del aire dentro de las labores
- Determinación de pérdidas del aire por el circuito
- Estudio de las resistencias de las labores mineras
- Elección e instalación de ventiladores y ductos de ventilación
- Proyectos y comprobación de las redes de distribución

Control termo ambiental

- Medidas de temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad del aire

PROPIEDADES FISICAS DEL AIRE

Expansión: Aumento de volumen de una masa de aire al verse reducida la presión ejercida por una fuerza o debido a la incorporación de calor.

Contracción: Reducción de volumen del aire al verse presionado por una fuerza, pero este llega a un límite y el aire tiende a expandirse después de ese límite.

Fluidez: Es el flujo de aire de un lugar de mayor a menor concentración sin gasto de energía.

Presión atmosférica: Fuerza que ejerce el aire a todos los cuerpos,

Volumen: Es el espacio que ocupa el aire.

Densidad: Es de $1.18 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$.

PROPIEDADES FISICAS DEL AIRE

Expansión: Aumento de volumen de una masa de aire al verse reducida la presión ejercida por una fuerza o debido a la incorporación de calor.

Contracción: Reducción de volumen del aire al verse presionado por una fuerza, pero este llega a un límite y el aire tiende a expandirse después de ese límite.

Fluidez: Es el flujo de aire de un lugar de mayor a menor concentración sin gasto de energía.

Presión atmosférica: Fuerza que ejerce el aire a todos los cuerpos,

Volumen: Es el espacio que ocupa el aire.

Densidad: Es de $1.18 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$.

Contaminantes atmosféricos: las contaminaciones atmosféricas pueden ser gaseosas, de polvo y de microbios; a estas cabe añadirles de radiaciones ionizantes. El conjunto de estos factores constituye el llamado **smog**.

•**HUMEDAD RELATIVA:** La **humedad relativa** es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, a igual temperatura y presión atmosférica. Se expresa en tanto por ciento.

•**HUMEDAD ABSOLUTA:** La **humedad absoluta** es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, se expresa en gramos de agua por kilogramos de aire seco (g/kg), gramos de agua por unidad de volumen (g/m^3) o como presión de vapor (Pa o KPa o mmHg). A mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua permite acumular el aire.

•**PUNTO DE ROCIO:** Es la temperatura a la cual el aire se encuentra saturado de vapor de agua, se dice, cuando la temperatura disminuye se produce la condensación. La principal utilización del concepto punto de rocío está en el campo del aire seco, en donde es el parámetro fundamental para indicar la mayor o menor cantidad del mismo.

CAUDAL DE AIRE EN FUNCION DE LA TEMPERATURA DEL AIRE Y HUMEDAD RELATIVA

TEMPERATURA SECA	HUMEDAD RELATIVA	VELOCIDAD MINIMA DEL AIRE (mts/min)
24 - 30 °C	85%	30
Mayor o igual	85%	120

$$HR = \frac{P^{\circ}\text{PARCIAL DEL VAPOR DE AGUA A ESA TEMPERATURA}}{P^{\circ}\text{ DE SATURACION A ESA TEMPERATURA}} * 100$$

TEMPERATURA (°C)	GRS/M ³	P(saturación)MILIBAR
-40	0.119	0.128
-20	0.884	1.03
0	4.85	6.11
20	17.3	23.37
40	51.19	73.78

Ejemplo :
Temperatura : 20°C

Por medición se tienen 16 g /m³ determinar la HR.

$$HR = (16 \text{ g /m}^3) / (17.30 \text{ g /m}^3) * 100$$

HR = 92.5 % (implica que el ambiente puede absorber aún 7.5% de agua a esta temperatura).

• **LA DENSIDAD DEL AIRE Ó PESO ESPECIFICO:** La densidad relativa o peso específico de los gases como el aire, es la relación de la densidad del lugar comparada con la densidad del aire a 0 °C y una atmósfera (760 mm de Hg) estableciéndose la siguiente formula:

$$\text{Densidad relativa del aire} = \frac{\text{Densidad del aire de min a}}{\text{densidad del aire a nivel del mar}}$$

La densidad del aire a nivel del mar es de 0,075 lb/pie³, a una presión barométrica de 29,92 pulgadas de Hg.

La densidad del aire a cualquier altitud se halla utilizando la siguiente formula:

$$d = \frac{1.34B}{460 + T}$$

Donde:

B : Presión barométrica de lugar, en pulgadas de mercurio (tablas)

T : Temperatura de aire obtenido por el bulbo seco en el punto de medición en que se determina la densidad (°R)

d : Densidad lb/pie³ del aire del lugar.

Ejemplo: ¿Cuál es la densidad del aire a 100,4°F o 38 °C cuando el barómetro marca en ese lugar 17,22 pulgadas de Hg. A la altitud de 14 500 pies equivalente a 4 420 m.s.n.m.?

Algunas conclusiones lógicas para este punto son:

El aire caliente o de alta temperatura es de baja densidad.

El aire frío o de baja temperatura es de alta densidad

Factor de corrección por altura (z)

Relación entre el peso específico a una determinada altura y el peso específico a nivel del mar.

$$Z = \frac{Wh}{W_o}$$

Wh : Peso del aire a determinada altura

Wo : Peso del aire a nivel del mar

Temperatura

Es el estado térmico del aire, indica intensidad de energía térmica, las escalas térmicas dinámicas mas usadas son las escalas de grados Celsius y Fahrenheit.

$$\frac{^{\circ}C}{100} = \frac{^{\circ}F - 32}{180}$$

$$^{\circ}K = ^{\circ}C + 273$$

$$^{\circ}R = ^{\circ}F + 460$$

Volumen específico del aire (V)

Es el volumen que ocupa un gas por unidades de peso:

$$V = \frac{1}{W} \text{ pies}^3 / \text{lb}$$

A nivel del mar:

$$V = 1 / 0.075 \text{ lb/pie}^3$$

$$V = 13.33 \text{ pies}^3 / \text{lb}$$

•PRESIÓN BAROMÉTRICA:

•El peso del aire de nuestra atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica.

Comúnmente para las diferencias de presión causadas por un flujo de aire, éstas se miden en pulgadas de agua. (pulg. de H₂O)

A nivel del mar la presión tiene un valor de 29.92 pulg de Hg igual a 1 atm. e igual a 14.6 lb/pulg², igual a 760 mm Hg.

**DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA
(DEL LUGAR DE TRABAJO).**

$$\frac{-g \times H}{R \times T}$$

$$P = P_o \times e$$

Donde:

P = Presión atmosférica a una altitud determinada (KPa)

P_o = Presión atmosférica al nivel del mar (100 KPa)

H = Altitud a nivel del mar (mts.)

T = Temperatura a la altura determinada (°K)

$$T^\circ = ^\circ K + \frac{[(T^\circ \text{ atmosférica } ^\circ C^\circ (\text{n.m.}) + T^\circ \text{ altura mina } ^\circ C^\circ]}{2}$$

R = Constante universal del aire (290 J/Kg - °K)

G = Aceleración de la gravedad (9.81 mts/seg²)

Para una altura de trabajo igual a 4 015 m.s.n.m. y una temperatura de 12C° (altura mina).

Se tiene:

$$\frac{-9.81 \times 4\,015}{290 \times 286,5}$$

$$P = 100 \text{ KPa} \times e$$

$$P = 63,2 \text{ KPa}$$

$$P = 9 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$(1 \text{ lb/pulg} = 6,895 \text{ KPa})$$

TABLA DE LA PRESIÓN ATMOSFERICA A DETERMINADA ALTITUD Y PRESION BAROMETRICA - DENSIDAD RELATIVA DEL AIRE

Altud (ft)	Presion absoluta (ps)	Presion barometrica (pulgadas de Hg)	Densidad relativa del aire
0	14.70	29.92	1.000
100	14.62	29.86	0.991
200	14.54	29.80	0.984
300	14.46	29.74	0.977
400	14.38	29.68	0.970
500	14.30	29.62	0.963
600	14.22	29.56	0.956
700	14.14	29.50	0.949
800	14.06	29.44	0.942
900	13.98	29.38	0.935
1000	13.90	29.32	0.928
1100	13.82	29.26	0.921
1200	13.74	29.20	0.914
1300	13.66	29.14	0.907
1400	13.58	29.08	0.900
1500	13.50	29.02	0.893
1600	13.42	28.96	0.886
1700	13.34	28.90	0.879
1800	13.26	28.84	0.872
1900	13.18	28.78	0.865
2000	13.10	28.72	0.858
2100	13.02	28.66	0.851
2200	12.94	28.60	0.844
2300	12.86	28.54	0.837
2400	12.78	28.48	0.830
2500	12.70	28.42	0.823
2600	12.62	28.36	0.816
2700	12.54	28.30	0.809
2800	12.46	28.24	0.802
2900	12.38	28.18	0.795
3000	12.30	28.12	0.788
3100	12.22	28.06	0.781
3200	12.14	28.00	0.774
3300	12.06	27.94	0.767
3400	11.98	27.88	0.760
3500	11.90	27.82	0.753
3600	11.82	27.76	0.746
3700	11.74	27.70	0.739
3800	11.66	27.64	0.732
3900	11.58	27.58	0.725
4000	11.50	27.52	0.718
4100	11.42	27.46	0.711
4200	11.34	27.40	0.704
4300	11.26	27.34	0.697
4400	11.18	27.28	0.690
4500	11.10	27.22	0.683
4600	11.02	27.16	0.676
4700	10.94	27.10	0.669
4800	10.86	27.04	0.662
4900	10.78	26.98	0.655
5000	10.70	26.92	0.648

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TEMPERATURA DEL AIRE DE LA MINA

- 1.- Temperatura del aire exterior.
- 2.- Compresión del aire al descender en la mina.
- 3.- Temperatura de las rocas.
- 4.- Procesos endotérmicos y exotérmicos.
- 5.- Intensidad de la ventilación.

1.- Temperatura del aire exterior: Depende mucho de la estación del año (otoño, invierno, primavera, verano) y también si estamos de día o de noche (10 a 12°C ó menores que cero).

La temperatura del aire exterior debería andar en el orden de 5°C (ideal) para evitar por ejemplo congelamiento del agua en galerías de ventilación, ejerciendo el efecto de reguladores.

A veces es necesario calentar o refrigerar el aire, para lo cual recurrimos a la fórmula siguiente:

$$W = P * C * (T_f - T_o) \text{ (Kcal/min)}$$

donde :

C = Calor específico del gas $C_p = 0.24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ (presión cte)

P = kilogramos del gas a calentar(aire).

W = Calorías necesarias para calentar P kgrs de un gas desde una temperatura T_o a una temperatura T_f .

2.- Compresión del aire (efecto pistón):

Para considerar este efecto se utiliza la siguiente fórmula :

$$T_2 = T_1 + \left(\frac{\rho - 1}{\rho * R} \right) * H$$

donde :

R = 29.27 Constante gases perfecto del aire seco.

$\rho = 1.41$ Índice adiabático.

Si reemplazamos nos quedará:

$$T_2 = T_1 + 0.0098 * H \quad \text{ó} \quad T_2 = T_1 + 0.0054 * H$$

T1 y T2 en °C , H en mts ó T1 y T2 en °F, H en pies

H = Profundidad o diferencia de cota.

T1 y T2 = Temperaturas secas.

NOTA : La temperatura aumenta en 0.0098 °C por cada metro de profundidad, por tanto, 1 °C por cada 100 mts de profundidad, es decir, a 1000 mts. de profundidad se tiene un aumento de la temperatura por este concepto de 10 °C.

3.- Calor de las rocas:

La temperatura externa tiene influencia en la temperatura de las rocas hasta máximo 40 mts.. Más abajo se supone constante la temperatura, solo se ve afectada por el fenómeno del " Grado Geotérmico".

El Grado Geotérmico se define como la medida de la distancia a la cual la temperatura aumenta en 1 grado en las rocas.

$$GG = (H - h_k) / (t_r - t_p) \text{ (mts)}$$

Donde:

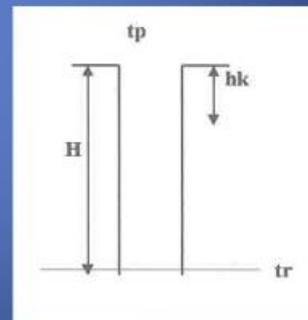
H = Profundidad de la medición, mts.

h_k = Profundidad de la zona a temperatura constante.

t_r = Temperatura a la profundidad H, grados.

t_p = Temperatura promedio anual del lugar.

Tipo de Terreno	GG.(mts)
Bituminosos y Petrolíferos	10 - 15
Carboníferos	30 - 35
Metalíferos	35 - 50



4.- Procesos Endotérmicos y Exotérmicos:

Proceso Endotérmico.- Temperatura interna

Proceso Exotérmico.- Temperatura externa

Procesos Químicos: Se pueden citar todas las oxidaciones como son

1.Oxidación del carbón (80 - 85 % del total en minas de carbón).

2.Putrefacción de maderas(80 - 85 % del total en minas de carbón).

3.Oxidación de la pirita (sistemas de relleno con sulfuros pobres).

Evaporación del agua: Proceso endotérmico que compensa la elevación de temperatura de los procesos exotérmicos. Es importante recalcar que este tipo de enfriamiento no es deseable de ninguna manera ya que a consecuencia del aumento de la humedad relativa, las condiciones mineras pueden hacerse insoportables.

- Metabolismo del individuo: El hombre libera 100 - 450 kcal/hra. (reposo - vigoroso).

- Voladuras: 0,75 kcal/hra / tonelada de Producción Mensual, parte del calor es absorbido por las rocas.

- Lámparas de carburo: 200 BTU/Hra. y las de seguridad un poco menos.

•Combustión interna de equipos.

•Generadores y luces de los equipos.

•Movimiento de masas rocosas (fricción).

•Pérdidas de carga producto del flujo de ventilación (pérdidas por fricción y choque).

•Cañerías de aire comprimido y de agua.

La velocidad del aire en las galerías es un importante factor que influye sobre el confort del personal. Un trabajador no se siente bien en el aire tranquilo. Generalmente su rendimiento aumenta con el aumento de la velocidad del aire, por supuesto que no en forma lineal, de hecho por arriba de los 5 mts/sg no tiene influencia práctica.

La estadía prolongada del hombre en condiciones térmicas desfavorables conduce inevitablemente al aumento de la temperatura en el organismo. La temperatura del hombre puede subir más de 42 °C y provocar la muerte.

PRESCRIPCION REGLAMENTARIA: Según estudios de fisiólogos ingleses, la acción prolongada de las temperaturas mayores de 28 °C por el termómetro seco (26 °C termómetro húmedo) es nociva para el cuerpo humano. A temperaturas húmedas de 32 ° C, no es posible ningún trabajo duradero

ALEMANIA: Si la temperatura es mayor a 28°C la jornada debe ser reducida a 6 horas, inclusive en ambientes muy húmedos, la inspección del trabajo puede ordenar que esta disposición sea aplicada con temperaturas más bajas.

TECNICAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

