

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACION DEL CIRCUITO DE VENTILACION
PARA LA EVACUACION DE HUMO, GASES Y
POLVO EN LABORES DE UNA MINA SUBTERANEA
ARTESAL EN CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Francisco Chilon Huaripata

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

<https://orcid.org/0000-0003-4920-2204>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Rafael Napoleón Ocas Boñón	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A Dios, y a mis padres por brindarme la fortaleza, perseverancia, dedicación y por los valores inculcados en mi vida durante nuestra formación profesional, ya que permitió desarrollarme en lo personal y académico para lograr mis objetivos.

Francisco Chilon

AGRADECIMIENTO

Agradesco principalmente a Dios por encaminarme por el camino correcto en mi vida a mi familia quienes me enseñaron los valores de la vida y a nuestro asesor el ingeniero OsCAR Vasquez Mendoza por brindarme sus consejos en base a su experiencia, sin ellos este presente trabajo no hubiese sido posible

Francisco Chilon

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	9
1.3. Objetivos	9
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS	27
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS	36
ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles.....	21
Tabla 2. Dimensiones de la bocamina.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de ventilación natural.....	17
Figura 2. Sistema de ventilación aspirante.....	18
Figura 3. Sistema de ventilación mixta.....	19
Figura 4. Sistema aspirante con apoyo impelente.....	20

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue Realizar la evaluación del circuito de ventilación para la evacuación de humo, gases y polvo en labores de una mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022, y los objetivos específicos fueron calcular el caudal de aire requerido por el número de personas que trabaja en la mina subterránea, Determinar el caudal de aire requerido para la producción en la mina subterránea artesanal, Calcular de caudal requerido por consumo de explosivos en la labor subterránea y Evaluar la utilización de ventilación artificial en la mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022. Según su propósito, la investigación fue aplicada, según su profundidad la investigación fue explicativa; según la naturaleza de datos, la investigación es cuantitativa, según su manipulación de la variable, la investigación es cuasiexperimental. El caudal requerido por el número de personas es $27 \text{ m}^3/\text{min}$, caudal de aire requerido para la producción en la mina subterránea artesanal $Q = 9.66 \text{ m}^3/\text{min}$, asimismo el caudal requerido por consumo de explosivos en la labor subterránea el cual es $Q_e = 16,66 \text{ m}^3/\text{min}$ finalmente Se realizó la evaluación de la utilización de ventilación artificial en la mina subterránea el caudal requerido es $36.66 \text{ m}^3/\text{min}$. Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que no se necesita ventilación artificial, sólo se necesita mejorar la ventilación natural, las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire. Ante estos resultados se ha optado por abrir una chimenea.

PALABRAS CLAVES: Evaluación, circuito, ventilación, labores, mina, artesanal.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En minería subterránea, la ventilación es esencial para el desarrollo de las actividades ya que si es la ventilación no es la necesaria se pone en riesgo la vida de los trabajadores, y se genera altos gastos en compras de mascarillas, filtros y pre filtros (Agama, 2016).

Para mejorar la ventilación en las labores subterráneas se necesita evaluar la calidad de aire, con ello se obtiene un diagnóstico. Si es que el diagnóstico contiene altas concentraciones de gases tóxicos, se mejorará la ventilación mediante el diseño y operación de sistemas que otorguen los caudales de aire necesarios, en cantidad y calidad, y lograr el mejor desempeño de los trabajadores y de los equipos. Con el avanzar tecnológico, aparecen nuevas tendencias en sistemas de ventilación como los desarrollados mediante softwares especializados para que operen equipos de alto rendimiento, pero con bajos niveles de ruido (Suity, 2014).

En las labores del socavón San Luis, todavía no se cuenta con mejoras en ventilación, las vetas son ricas en zinc, cobre y en plomo asociadas a minerales de sulfuro; este ambiente expone a los trabajadores a enfermedades e incluso la muerte. Por ello esta tesis es necesaria para evitar posibles multas por el MINAM (Ministerio del Ambiente) y paralizaciones de actividades; y también pérdidas humanas.

Campillos (2015), presentó su Tesis para obtener título de ingeniero de minas titulada: “optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina

subterránea” al departamento de ingeniería geológica y minera nacional de España, Madrid. En la cual describió que para generar una corriente de aire se tiene que tener una entrada de aire, una salida de aire y una diferencia de presión ya que la corriente de aire va hacia donde la presión es menor. Concluyó que para hacer un diagnóstico de un circuito de ventilación se ha de sustentar en una serie de mediciones que permita conocer las condiciones presentes de la ventilación, tanto principal como secundaria. Y de allí determinar las futuras posibles correcciones necesarias, para la realización de esta tesis se tomaron como fuente las tablas de recolección de datos.

Sutty (2016), presentó su Tesis para obtener el título de ingeniería de minas titulada: “influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno” a la universidad nacional del altiplano de Perú, Puno. En la cual describió que la mayor efectividad en la dilución de los gases tóxicos queda determinada por la distancia que está comprendida entre el extremo de la tubería/manga y el frente de trabajo, la que no debe ser muy grande para que se tenga las características de turbulencia de chorro libre. Concluyó que si la tubería de extracción se coloca distante al frente de trabajo una gran proporción de aire puro de la galería será absorbido sin llegar al frente de trabajo, dejando sin remover los gases y el polvo, en instalaciones para este tipo de ventilación debe usarse tubería de acero, ya que los de lona se chupan, a menos que estas se refuercen, considerando no recomendables. De este antecedente se toma como base sistema de ventilación utilizando ventiladores y mangas.

Calisaya (2012), presento su investigación en el simposio titulado: “Estandarización del proceso de ventilación en minas de carbón - Caso Carbones del Caribe S.A.S. Colombia” en la universidad de Utah Colombia, Medellín. En la cual describió que el proceso de implementación de sistemas de ventilación en las minas de carbón es delicado, debido a la cantidad de variables que este tipo de sistemas involucra, como, dilución de metano y otros gases, velocidades de flujo relacionadas con el levantamiento de polvo de carbón, circulación de aire limpio, tiempos de evacuación de aire viciado, cantidades de aire en puntos críticos, condiciones ambientales (temperaturas y humedad) y requerimientos de ventiladores. Concluyó que para mejorar o diseñar un sistema de ventilación se debe iniciar con un estudio detallado de las condiciones de operación de cada mina y la evaluación de todos los componentes que influyen sobre él sistema. De este antecedente se tomaron las fórmulas para determinar el caudal de aire necesario.

Agüero (2012), presentó su tesis para obtener su título de ingeniería de minas titulada: “Influencia de la ventilación natural y mecánica en el diseño del sistema de ventilación de las galerías - del nivel 1950 mina calpa - Arequipa” a la universidad nacional de Huancavelica de Perú, Huancavelica. en la cual describieron que la ventilación de minas tiene por objeto suministrar a las labores en operación suficiente aire fresco en función a las necesidades de la persona, equipo diésel autorizado y dilución de contaminantes, de modo que la atmosfera en dichas zonas mantenga sus condiciones termo ambientales en compatibilidad con la seguridad, la salud y el

rendimiento del personal. Concluyó diciendo que se debe desarrollar técnicas de acorde a la reglamentación vigente, producto de una variada recopilación de obras de la especialidad y de conocimientos y experiencia adquiridos en el ejercicio de la profesión en diferentes empresas mineras que implementen sistemas de ventilación y las universidades. De este antecedente se tomó como referencia la apertura de chimeneas para mejorar la ventilación.

Según (Chacha, 2016) en su investigación titulada sistema de ventilación para labores subterráneas de la empresa PRODUMIN S.A. se planteó como objetivo implementar un sistema de ventilación para interior mina y de esta manera obtener todos los beneficios que esto conlleva, luego de esto, el autor concluyó que, con la implementación de este sistema de ventilación, de acuerdo a la evaluación técnicaeconómica conseguimos aire limpio en el frente de trabajo que permite acelerar el minado, se disminuye la temperatura, aumenta las condiciones de confort de los trabajadores aumentando su rendimiento e incrementando la producción

El autor (Ponciano, 2016) Se plantea como objetivo principal de su estudio garantizar un sistema de ventilación del Proyecto de la mina Invicta de tal manera que permita suministrar aire en la cantidad y calidad requerida por las normas de seguridad minera con el fin de lograr el confort adecuado del trabajador en el área de trabajo. El cual concluyó que: El uso de herramientas como un programa de ventilación, en nuestro caso el VNET PC en proceso de implementación debería facilitar el trabajo de análisis de circuitos complejos. Se debe tener cuidado en los datos que se ingresan,

para ello la experiencia y pruebas son necesarias para alcanzar resultados verdaderos. Según (Godoy, 2013) Se planteó como objetivo un planteamiento de las mejoras de ventilación de forma integral y zonal de acuerdo a la ejecución de las nuevas infraestructuras “Raise Boring”, con respecto a los requerimientos de aire en el desarrollo y profundización de la mina y su conclusión final fue que a partir del modelo de flujos se logró obtener diferentes escenarios en donde nos indican parámetros más relevantes como caudales, consumo de energía, eficiencia de aire y otros factores, todo ello una vez terminado la ejecución del Raise Boring N° 90.

(Vergaray, 2017) en su trabajo de investigación titulado optimización del sistema de ventilación de la mina Charito, CIA Poderosa se planteó como objetivo general determinar el diseño y método de ventilación adecuado, que permita optimizar el sistema de ventilación actual de mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A. concluyendo que, El sistema de ventilación de la Mina Charito, es muy sensible a los cambios debido a la variación de los puntos de trabajo. Por lo que fue necesario usar ventilación mecánica o forzada desde bocamina, para satisfacer la necesidad en los distintos puntos de trabajo.

El sistema de ventilación en esta mina de vital importancia para hacer circular aire fresco por el interior de la misma, para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos. La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores, para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes, como por ejemplo un socavón y

un pique. Este sistema de ventilación se realizará con el propósito de acondicionar la atmósfera del ambiente de trabajo de todas las labores subterráneas, proporcionando un clima seguro, saludable, y en lo posible cómodo para los mineros. Con el fin de lograr este objetivo será necesario garantizar la dotación de aire fresco y limpio tanto en los frentes de trabajo como en las galerías de acceso a estos, aprovechando las condiciones naturales de la mina y empleando medios auxiliares si fuese necesario (Agüero, 2012).

Los tipos de ventilación se clasifican en dos grupos: Ventilación natural y Ventilación mecánica dentro de la ventilación mecánica tenemos a la ventilación mixta esta es impelente y aspirante, en la impelente el ventilador impulsa el aire al interior de la mina, en el caso de aspirante el ventilador succiona el aire del interior de la mina y lo expulsa al exterior (García, 2016).

Los factores que influyen en la determinación de ese caudal, dependen de las condiciones y características de desarrollo de cada operación y del método de explotación a utilizarse. Las necesidades de aire en el interior de la mina, son determinadas en base al número máximo de personal y de equipos que trabajarán simultáneamente en las labores en los diversos niveles que componen la mina, en adición a las exigencias del método de explotación (Piérola, 2015)

Ventilación subterránea La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos, la

ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. Para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón, en las labores que sólo tienen un acceso (por ejemplo, una galería en avance) es necesario ventilar con ayuda de una tubería, la tubería se coloca entre la entrada a la labor y el final de la labor, esta ventilación se conoce como secundaria, en oposición a la que recorre toda la mina que se conoce como principal, los ventiladores son los responsables del movimiento del aire, tanto en la ventilación principal como en la secundaria. Generalmente los ventiladores principales se colocan en el exterior de la mina, en la superficie. (Vergaray, 2017)

Requerimiento de aire La cantidad de aire en el interior de las labores mineras, se llegará a definir de acuerdo al número de personas, número de equipos, polvo en suspensión, incremento de temperatura y consumo de explosivos además de conocer el método de explotación, para definir la cantidad total de aire que se requiere se manejan los siguientes parámetros operacionales. Según (D. S. N° 023-2017-EM), el requerimiento de aire necesario en los lugares de trabajo será de acuerdo.

Vergaray (2017) dice que la ventilación impelente con apoyo aspirante compone las capacidades de cada método, alcanzando el deseable resultado de ventilación en ocasiones delimitadas de minería. Lo cual, son probables dos ordenaciones en ocupación de que la línea primordial sea la solicitante, donde una línea impelente con

ocultos solicitantes que consta de un método impelente primordial con una instauración auxiliar solicitante

Ventilación Mecánica Conocida como la ventilación auxiliar o secundaria, principalmente es originada por la presión que realiza un ventilador sobre un volumen de aire para luego ser enviado o succionado por un motor eléctrico que le permite una constante presión sobre el aire que transporta y en una cantidad estable. Para este tipo de ventilación se necesitar utilizar energía eléctrica, que puede ser producida a base de combustibles o de hidroeléctricas y ello hace que la ventilación minera sea más cara o más económica respectivamente por tonelada de mineral extraído. (Zitrón, 2017)

Los tipos de ventiladores se dividen en 2 tales como los ventiladores centrífugos y el axial. Por un lado, Rumbo Minero (s.f.) afirma que el ventilador centrífugo se utiliza para realizar un caudal que sea menor y las presiones que sean mayores. Este está conformado por una pieza electromagnética englobado en una envolvente de modo de un espiral. Por otro lado, Campillos (2015) señala que un ventilador axial consta en una red cilíndrica, una hélice que está conformada por algunos números de paletas establecidas. Lo cual, el aire ingresa y sale de manera paralela al equipo. Los gases en mina son el nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, anhídrido sulfuroso y los polvos en mina. Para Seguridad Minera (2016) dice que el nitrógeno es un gas inexpressivo y además es más leve que el mismo aire, lo cual es amalgamado con un limitado de oxígeno; este va ocasionar una asfixia en el cuerpo del trabajador. Por lo cual, este gas se va formando porque existen

segregaciones de los sedimentos de dichas rocas en determinadas minas y normalmente el nitrógeno se almacena en las áreas altas del trabajo como en las chimeneas. Así mismo este gas puede ocasionar hasta la misma muerte de los operadores.

La ventilación natural en las minas se debe a la diferencia de peso específico del aire entrante y saliente. La diferencia de peso específico proviene principalmente de la diferencia de temperatura del aire, y en menor grado de la diferencia de presión, además también tiene influencia el porcentaje de humedad y la composición química del aire. Esta ventilación es irregular durante todo el día, no es confiable y trabaja en minas de poca profundidad hasta unos 600 m o en minería artesanal, siendo afectada por los vientos externos que son cambiantes durante el día y por las estaciones. Esta ventilación ocasiona problemas por no ser constante y es mejor medirla en las bocaminas a diferentes horas y días que calcularla teóricamente. (Jiménez, 2011).

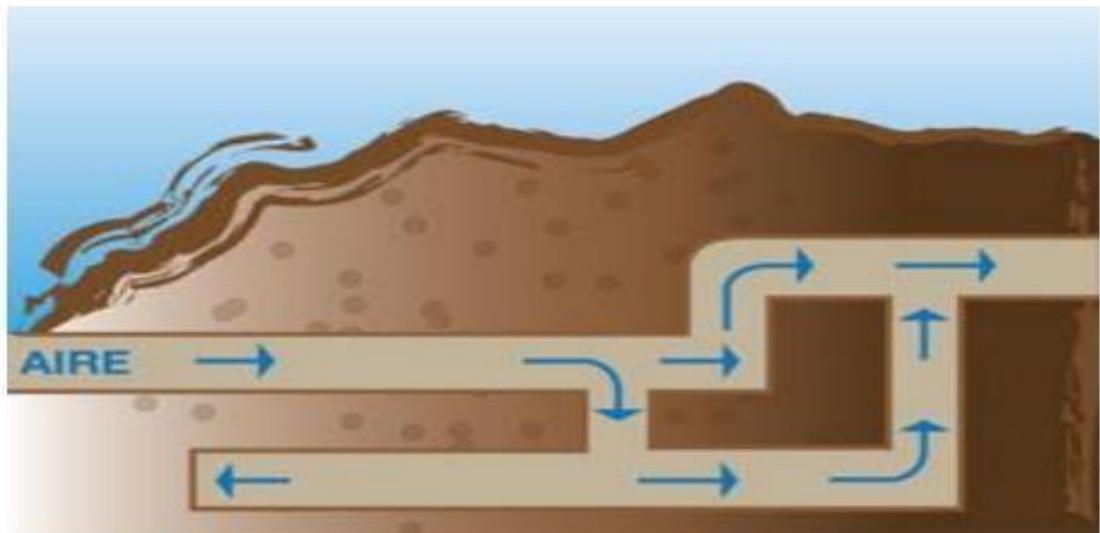


Figura 1. Esquema de ventilación natural.

Sistema de ventilación impelente: El aire es forzado hacia el tope de la labor mediante un ducto de ventilación, el cual es impulsado mediante ventiladores, lo cual desplaza la masa de aire viciado a través de la galería. Este es el sistema predominante usado en la mayoría de las minas subterráneas. (SERNAGEOMIN, 2012)

Este sistema permite el uso de conductos flexibles no reforzados, que tienen una superficie interior lisa. Estos conductos son más económicos y manejables, además presentan una menor resistencia al paso del aire. (López, 2011).

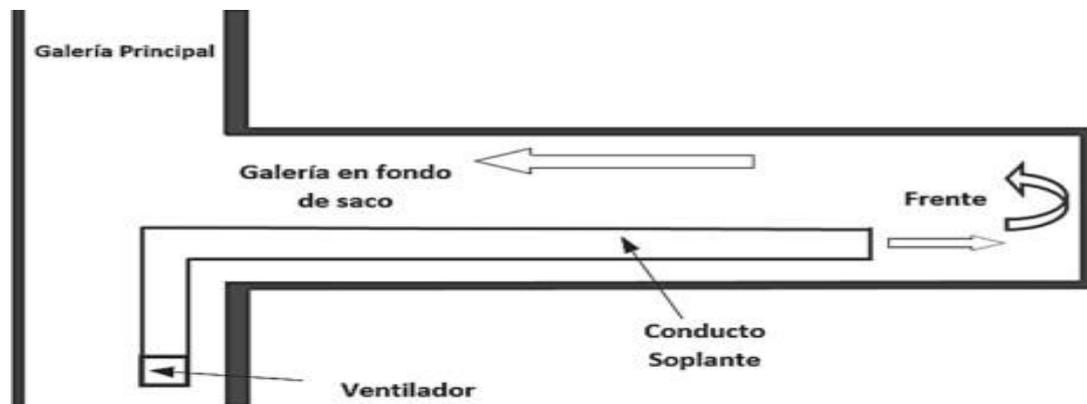


Figura 2. Sistema de ventilación aspirante.

Sistema de ventilación aspirante: El aire contaminado del frente es succionado mediante el conducto de ventilación, creando una depresión y haciendo ingresar aire fresco a través de la galería. (SERNAGEOMIN, 2012)

El aire fresco ingresa hacia el frente a través de la galería, la cual tiene una sección mucho mayor que el conducto de ventilación, por lo tanto, la velocidad y turbulencia del aire fresco será mucho menor; es así que un sistema aspirante por sí solo no es

capaz de garantizar un buen barrido del tope, si este es de gran sección o si el conducto de aspiración no está situado en el mismo frente. Por ello, es conveniente adoptar una solución mixta, con un ventilador de refuerzo impelente que cree una turbulencia adecuada para garantizar la dilución de gases. El sistema requiere un conducto rígido (fabricado en acero, plástico o fibra de vidrio) o un conducto flexible reforzado. Si los sistemas requieren un gran caudal, su ejecución práctica puede ser problemática técnicamente hablando, ya que necesitan presiones muy elevadas que conducen a la utilización de varios ventiladores en serie. (López, 2011).

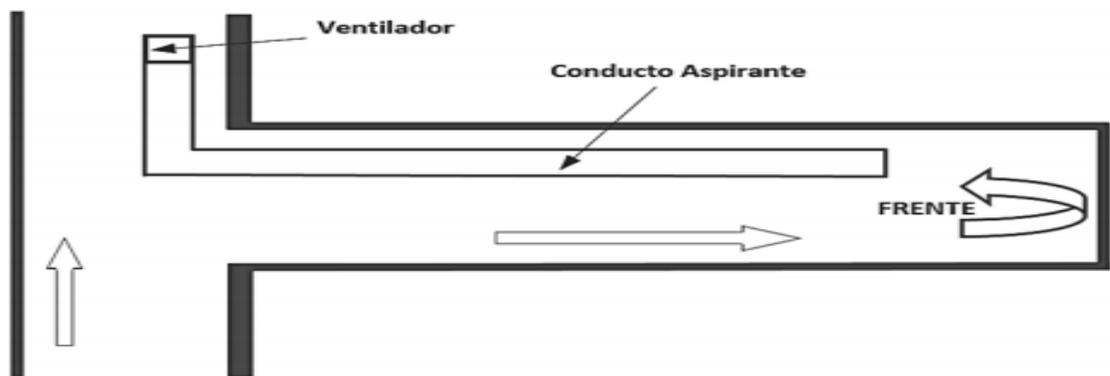


Figura 3. Sistema de ventilación mixta

Sistema impelente con apoyo aspirante: Es también denominado sistema solapado, el cual utiliza un ventilador auxiliar de refuerzo, situado frente a la labor, con un tramo de conducto de poca longitud. Estos sistemas combinan las ventajas de cada sistema, consiguiendo el mejor efecto de ventilación en situaciones concretas. El sistema consiste en una línea principal impelente con solape aspirante, cuya función por lo general es la de recoger y evacuar el polvo generado del frente. (López, 2011).

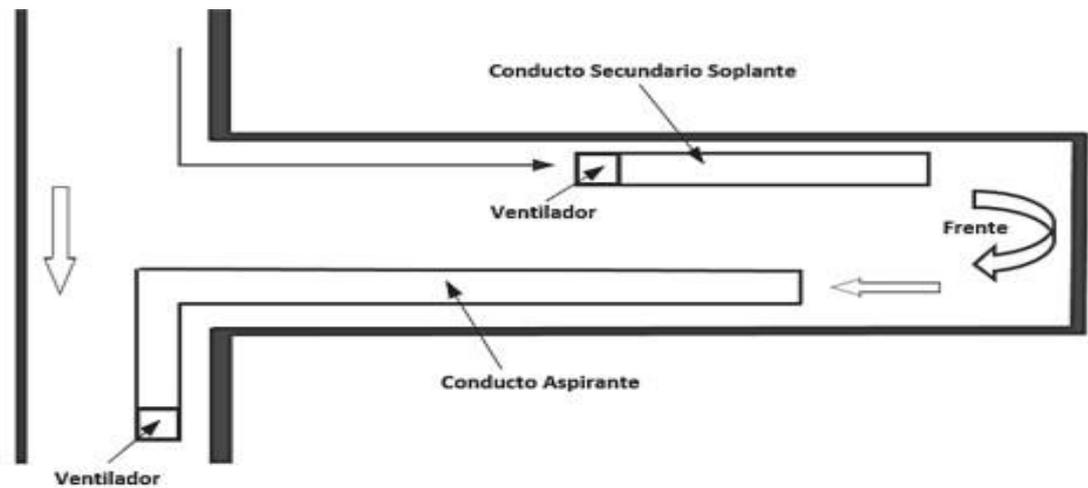


Figura 4. Sistema aspirante con apoyo impelente

Ventilación (López, 2011) Es una rama de la Ingeniería de Minas, la cual mediante un fuerte apoyo de las leyes físicas y termodinámicas respalda o potenciada con análisis de sistemas, tiene por misión atender los requerimientos de Higiene Ambiental en labores subterráneas en operaciones. (ver tabla 1)

Tabla 1.

Limites máximos permisibles

Polvo inhalable	10 mg/m ³ (*)
Polvo respirable	3 mg/m ³ (*)
Oxígeno (O ₂)	Mínimo 19.5% y máximo 22.5%
Monóxido de carbono (CO)	Máximo 29 mg/m ³ o 25 ppm.
Dióxido de carbono (CO ₂)	Máximo 9000 mg/m ³ o 5000 ppm. 3000 por un lapso no superior de 15 min.
Metano (CH ₄)	Máximo 29 mg/m ³ o 25 ppm.
Hidrogeno sulfurado (H ₂ S)	Máximo 14 mg/m ³ o 10 ppm.
Gases nitrosos (NO _x)	Máximo 0.7 mg/m ³ o 5 ppm.
Anhídrido sulfurosos (SO ₂)	2 ppm mínimo a 5 ppm. máximo
Aldehídos	Máximo 5 ppm.
Hidrogeno (H)	Máximo 5000 ppm.
Ozono	Máximo 0.1 ppm.

La ventilación de minas es el trabajo que se realiza para lograr el acondicionamiento del aire que circula a través de las labores subterráneas siendo su objetivo principal asegurar un ambiente libre de riesgo, saludable y cómodo para que los trabajadores dicho objetivo debe de ser alcanzado de manera más eficiente y de menos costo posible, debiendo de tener en cuenta que la ventilación es un proceso íntimamente ligado a la dinámica de la mina, en cuanto se refiere a la calidad de aire deberá mantenerse dentro de los límites máximos permisibles, teniendo en consideración lo estipulado en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional aprobado por el D.S. N° 024-2016-EM (modificatoria DS. N°023-2017 EM).

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida influye la evaluación del circuito de ventilación para la evacuación de humo, gases y polvo en labores de una mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Realizar la evaluación del circuito de ventilación para la evacuación de humo, gases y polvo en labores de una mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Calcular el caudal de aire requerido por el número de personas que trabaja en la labor .
- ✓ Determinar el caudal de aire requerido para la producción en la mina subterránea artesanal
- ✓ Calcular de caudal requerido por consumo de explosivos en la labor subterránea.
- ✓ Evaluar la utilización de ventilación artificial en la mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022.

1.4. Hipótesis

La evaluación del circuito de ventilación influirá significativamente en la evacuación de humo, gases y polvo en labores de una mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

Según su propósito: La investigación fue Aplicada, ya que consiste en la evaluación del circuito de ventilación en labores de una mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022, a través de la descripción objetiva de las actividades, procesos, personas y herramientas. La meta de esta investigación no se limita a la recolección de datos, sino a la identificación de las relaciones que existen entre las variables (Oblitas, 2018).

Según su profundidad: La investigación fue Explicativa, porque ha sido diseñada con la información de cada proyecto minero que haga el uso de la ventilación mecánica y con cumplimiento de las normas nacionales e internacionales (Oblitas, 2018).

Según la naturaleza de datos: La investigación es Cuantitativa, porque utilizaron métodos de medición para determinar la concentración de material particulado, humo, gases y polvo (Oblitas, 2018).

Según su manipulación de la variable: La investigación es cuasiexperimental, ya que se pretende evaluar el circuito de ventilación (Oblitas, 2018).

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población: todas las minas subterráneas artesanales de Cajamarca.

2.2.2. Muestra: 1 labor de la mina subterránea artesanal en Cajamarca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

- ✓ Observación directa: Se recolectaron datos propios de la labor tales como las medidas de la bocamina y profundidad de la excavación, número de trabajadores, especificaciones en el tipo de explotación, principales actividades en las operaciones mineras, entre otras.
- ✓ Análisis documental: Se recopiló y analizó toda información concerniente al tema y aplicarlo en el marco teórico de esta investigación.
- ✓ Cálculo de caudal de Aire, además el cálculo del flujo.

2.3.2. Instrumentos

Instrumentos utilizados para la toma de datos son.

- ✓ Formato Excel para la toma de datos, medidas entre otros.
- ✓ Cuaderno de Notas
- ✓ Registro fotográfico

2.4. Procedimiento

Se desarrolló mediante 3 etapas: las cuales se detallan a continuación.

2.4.1. Etapa de pre campo

En esta etapa se realiza la búsqueda y revisión de antecedentes, estudios previos, realizados al tema en estudio de evaluación de sistema de ventilación en mina subterránea en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los repositorios virtuales de las distintas universidades, lo cual nos permita tener referencia.

2.4.2. Etapa de campo

Se realizó la toma de datos en campo para realizar la evaluación del sistema de ventilación haciendo uso de las siguientes fórmulas.

En primer lugar, se tomó las medidas de la bocamina alto, ancho y longitud para luego aplicar las formulas y determinar lo planteado en los objetivos específicos.

Fórmula utilizada para determinar el caudal de aire requerido por el número de personas.

$$Q = FXN(m^3/min)$$

Fórmula para calcular el caudal de aire requerido para la producción en la mina subterránea.

$$Q = T \times U (m^3/min)$$

Fórmula para Calcular el caudal requerido por consumo de explosivos.

$$Q = 100 \times A \times a/d \times t \text{ (m}^3\text{/min)}$$

2.4.3. Etapa de pos campo

Luego de recolectada toda la información necesaria en campo se procedió a procesar y tabular de forma digital los datos obtenidos en campo, con los programas Microsoft Word y Microsoft Excel, en el cual se aplicaron distintas fórmulas que nos permitieron realizar la evaluación del sistema de ventilación.

2.5. Aspectos éticos

Para el desarrollo de la presente tesis se respetaron los derechos de autor de cada estudio que se ha considerado tanto para la obtención de datos, como para los antecedentes y la base teórica, citando correctamente y sin haber realizado alguna modificación en la información adquirida.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Descripción de la labor y personal que labora.

Se describe las medidas de la bocamina de igual forma el personal que labora en la mina subterránea artesanal.

Tabla 2.

Dimensiones de la bocamina

Dimensiones de la bocamina		
Alto	2	Metros
Ancho	2.50	Metros
Longitud	180	Metros

De igual forma se describe el personal que labora la mina subterránea artesanal

Supervisor (1): Está encargado de los pagos a los trabajadores, realizar un diseño de seguridad, y de verificar la calidad del mineral.

Jefe de Mina (1): Este cargo se le ha asignado al dueño del terreno superficial, como parte de la responsabilidad social, su responsabilidad es brindarles las herramientas necesarias y verificar sus horas de trabajo.

Obreros (7): Se encargan de picar, chancar el mineral, luego llenarlo en costales y llevarlos a la plataforma.

3.2. Caudal de aire requerido por número de personas que trabaja en la mina.

Se requiere una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto (3 m³/ min.) por persona, en cualquier sitio del interior de la mina.

$$Q = FXN(\text{m}^3/\text{min})$$

Donde:

Q = Caudal total para “n” personas que trabajen en interior mina (m³/ min.)

F = Caudal mínimo por persona (3 m³/ min.)

N = Número de trabajadores en la mina subterránea

A pesar que este método es utilizado con frecuencia, se debe considerar “F” sólo como referencia, pues no toma en cuenta otros factores consumidores de oxígeno, como lo son la putrefacción de la madera, la descomposición de la roca, la combustión de los equipos, etc. Considerando 1 supervisor, 1 jefe de mina, y los 8 obreros por labor.

$$Q = 3\text{m}^3/\text{min} \times N$$

$$Q = 3\text{m}^3/\text{min} \times 9$$

$$Q = 27 \text{ m}^3/\text{min}$$

3.3. Caudal de aire requerido para la producción en la mina subterránea artesanal

Para determinar el caudal de aire requerido para la producción está expresado por la siguiente formula:

$$Q = T \times U \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

Q = Caudal requerido por toneladas de producción diaria (m³/min.)

u = Consumo de aire por tonelada de producción diaria expresada en (m³/min.)

T = Producción diaria en toneladas.

Para minas subterráneas, "u" varía generalmente entre 1 a 1,7 (m³/min.), por tanto, tomamos el promedio que es 1.35

En la labor se tiene una producción de 215 toneladas al mes por lo tanto al día produce 7.16 toneladas.

$$Q = T \times U \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q = 7.16 \times 1.35 \text{ m}^3\text{/min}$$

$$Q = 9.66 \text{ m}^3\text{/min}$$

3.4. Caudal requerido por consumo de explosivos en la labor subterránea.

La fórmula que se conoce para este cálculo de caudal y al tratarse de minas metálicas, este método es el que más se usa. Toma en cuenta la formación de productos tóxicos por la detonación de explosivos, el tiempo que se estima para despejar las galerías de gases y la cantidad máxima permitida.

Para el cálculo de este caudal, se emplea la siguiente relación empírica:

$$Q = 100 \times A \times a/d \times t \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

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

A = Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60% (Kg.)

a = Volumen de gases generados por cada Kg. de explosivo.

a = 0.04 (m³/Kg. de explosivo); valor tomado como norma general.

d = % de dilución de los gases en la atmósfera, deben ser diluidos a no menos de 0.008 % y se aproxima a 0.01 %

t = tiempo de dilución de los gases (minutos); generalmente, este tiempo no es mayor de 30 minutos, cuando se trata de detonaciones corrientes.

Reemplazando en la fórmula tendremos:

Evaluación del circuito de ventilación para la ventilación de humo, gases y polvo en labores de una mina subterránea artesanal en Cajamarca 2022.

$$Q = (0,04 \times A \times 100) / (30 \times 0,008) \text{ m}^3/\text{min}$$

Entonces se tendría finalmente

$$Q = 16,67 \text{ m}^3/\text{min}$$

3.4.1. Caudal requerido total

Es la sumatoria de todos los caudales

$$Q_t = Q_{\text{persona}} + Q_{\text{produccion}}$$

$$Q_t = 27 \text{ m}^3/\text{min} + 9.66 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_t = 36.66 \text{ m}^3/\text{min}$$

3.5. Evaluación para la utilización de ventilación artificial en la mina subterránea.

En la mina subterránea artesanal, el caudal requerido es $36.66 \text{ m}^3 / \text{min}$. Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que no se necesita ventilación artificial, sólo se necesita mejorar la ventilación natural, las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire. Ante estos resultados se ha optado por abrir una chimenea.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Villanueva (2018) en “Evaluación y propuesta del sistema de ventilación en el sub nivel 058 en Minera Troy SAC-Cajamarca 2018”. Concluyó que al analizar el sistema de ventilación de la mina se obtuvo mejoras, ya que se instaló un ventilador axial. Con este ventilador se obtuvo mejores resultados para el ambiente de los trabajadores, donde la entrada del aire se divide por todas las galerías de la mina y su salida del aire es mediante la chimenea que hay en mina. Con estos resultados se encontró que es más conveniente utilizar una ventilación mecánica. En la presente investigación se determinó el caudal de aire requerido por el número de personas que trabaja en la mina subterránea $27 \text{ m}^3/\text{min}$, asimismo se determinó el caudal de aire requerido para la producción $9.66 \text{ m}^3/\text{min}$, el caudal para el consumo de explosivos fue de $16.67 \text{ m}^3/\text{min}$ y finalmente el caudal requerido total es $36.66 \text{ m}^3/\text{min}$.

Por otro lado, Raico (2019) en “Evaluación y optimización del sistema de ventilación del túnel de exploración Chaquicocha nivel 3750-Minera Yanacocha, 2018”. Concluyó que al evaluar el sistema de ventilación de la mina se encontró que tiene un revestimiento del caudal de aire con un 90%. Lo cual el sistema de ventilación no cumple con los requisitos que necesita la mina en la cantidad de aire en todas las galerías se observó que los ventiladores no son adecuados para una correcta aireación. Por lo

que es importante desarrollar una evaluación a los sistemas de ventilación en mina para que así los trabajadores tengan un ambiente seguro y limpio. En la presente investigación se determinó que en la mina subterránea artesanal, el caudal requerido es $36.66 \text{ m}^3 / \text{min}$. Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que no se necesita ventilación artificial, sólo se necesita mejorar la ventilación natural, las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire. Ante estos resultados se ha optado por abrir una chimenea.

4.2. Conclusiones

- ✓ Se determino el caudal de aire requerido por el número de personas que trabajan la mina subterránea el cual es $Q = 27 \text{ m}^3/\text{min}$.
- ✓ De la misma forma se determino el caudal de aire requerido para la producción en la mina subterránea artesanal $Q = 9.66 \text{ m}^3/\text{min}$.
- ✓ Se determinó el caudal requerido por consumo de explosivos en la labor subterránea el cual es $Q_e = 16,66 \text{ m}^3/\text{min}$.
- ✓ Se realizó la evaluación de la utilización de ventilación artificial en la mina subterránea el caudal requerido es $36.66 \text{ m}^3/\text{min}$. Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que no se necesita ventilación artificial, sólo se necesita mejorar la ventilación natural, las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire. Ante estos resultados se ha optado por abrir una chimenea.

4.3. Recomendaciones.

- ✓ Se recomienda tener un control estricto de ventilación y con la evaluación correspondiente para tener un uso apropiado de ventilación.
- ✓ Se recomienda implementar con instrumentación completa para monitorear periódicamente las labores.

REFERENCIAS

- Agüero, A. (20129) *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.
- 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. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa.
- Campirillos, A. (2015). *Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea*. (Tesis de Titulación). Universidad Politécnica de Madrid, España, Madrid.
- Carranza, J. (2015). *Mejoramiento en el diseño de chimeneas en minería subterránea con el uso del sistema PEM en la unidad de producción minera Troy SAC*. (Tesis de Titulación). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Caxi, Y. (2017) *Estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de minera Sotrami S.A. – UEA Santa Filomena – aplicando el software Ventsim*. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

- Flores, M. (2017). *Diseño y simulación del sistema de ventilación de las labores de exploración en el proyecto San Gabriel CIA. De Minas Buenaventura S.A.A.* (Tesis de Titulación). Universidad Nacional del Antiplano, Puno.
- 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.
- Giménez A. (2016) *Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles. Practica Aplicada, Avanzada en Minería Clásica y Minería por Trackles.* Edición III Perú.
- Portilla, R, (2015). *Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica – 2015.* (Tesis de Titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Rodríguez, V. (2010). *Diseño del sistema de control para la ventilación de una mina subterránea usando un controlador AC800M.* (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Sutty, J. (2016). *Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno.* (Tesis de Titulación). Universidad Nacional del Antiplano, Puno, Perú.
- Valle, R. (2017). *Optimización del sistema de ventilación de la mina Charito, compañía minera Poderosa S.A.* (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

Dimensiones de la bocamina
Lado 1
lado 2
Altura
Profundidad

Anexo 2. Galería fotográfica



