



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Evaluación del Sistema de Ventilación en la Minera Artesanal  
Subterránea de Algamarca, Cajabamba**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
Bachiller en Ingeniería de Minas**

**AUTORAS:**

Escobar Gonzales, Brenda Alexandra (ORCID: 0000-0002-3919-7328)  
Rodas Espiche, Grecia Consuelo (ORCID: 0000-0002-4151-0061)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Perforación y Voladura de Rocas

**CHICLAYO - PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A mis padres que siempre estuvieron ahí motivándome y brindándome su apoyo incondicional en todo momento. Gracias a ellos he podido realizar este trabajo de investigación.

**Brenda Alexandra**

A mis padres y a mis hermanos que me apoyaron en todo el transcurso de mi carrera. Gracias a ellos pude salir adelante.

**Grecia Consuelo**

## **Agradecimiento**

Agradecemos a nuestra asesora de trabajo de investigación, que, con sus conocimientos y su gran trayectoria, hemos podido concluir nuestro trabajo de investigación. También, agradecemos al Ingeniero John Piter Bejarano Guevara por el apoyo que nos brindó.

**Las autoras**

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos .....	vi
Índice de anexos .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>10</b>
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	11
3.5. Procedimiento.....	12
3.6. Método de análisis de datos .....	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Tipo de sistema de ventilación</i> .....	25
<b>Tabla 2.</b> <i>Accidentes producto de una mala ventilación</i> .....	25
<b>Tabla 3.</b> <i>Tipos de gases que se producen en mina</i> .....	26

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> <i>Cuentan con sistema de ventilación</i> .....	15
<b>Gráfico 2.</b> <i>Condiciones de la Unidad Minera</i> .....	16
<b>Gráfico 3.</b> <i>Conocimiento del sistema de ventilación</i> .....	17
<b>Gráfico 4.</b> <i>Conoce los tipos de ventilación</i> .....	18
<b>Gráfico 5.</b> <i>Conocimiento de los gases</i> .....	19
<b>Gráfico 6.</b> <i>Algún tipo de accidente</i> .....	20
<b>Gráfico 7.</b> <i>Equipos de protección personal</i> .....	21
<b>Gráfico 8.</b> <i>Nivel de experiencia</i> .....	22
<b>Gráfico 9.</b> <i>Recibe algún tipo de capacitación</i> .....	23
<b>Gráfico 10.</b> <i>Supervisor en el área de ventilación</i> .....	24

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Matriz de consistencia .....	41
<b>Anexo 2.</b> Matriz de operacionalización .....	42
<b>Anexo 3.</b> Encuesta .....	43
<b>Anexo 4.</b> Guía de observación del tipo de sistema de ventilación .....	44
<b>Anexo 5.</b> Guía de observación de accidentes producto de una mala ventilación.	45
<b>Anexo 6.</b> Guía de análisis documental de los tipos de gases que se producen en mina .....	46
<b>Anexo 7.</b> Validación de Instrumentos de Recolección de Datos .....	49
<b>Anexo 8.</b> Declaratoria de originalidad de autores .....	50
<b>Anexo 9.</b> Declaratoria de autenticidad del asesor.....	51
<b>Anexo 10.</b> Acta de sustentación del trabajo de investigación .....	52
<b>Anexo 11.</b> Acta de sustentación del trabajo de investigación .....	53
<b>Anexo 12.</b> Autorización de publicación en repositorio institucional .....	54
<b>Anexo 13.</b> Reporte Turnitin.....	55
<b>Anexo 14.</b> Autorización de la versión final del trabajo de investigación .....	56

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad realizar una evaluación del sistema de ventilación en la minera artesanal subterránea de Algamarca, Cajabamba. La investigación surgió del problema vinculado a la inadecuada ventilación en mina subterránea. Para ello, se buscó trabajar con una muestra conformada por los trabajadores del nivel 2 de la unidad minera subterránea de Algamarca, conformado por una galería principal; teniendo una investigación de tipo básica y un diseño no experimental de tipo transversal descriptivo. Asimismo, para el recojo de información se utilizó el método analítico, técnica de análisis documental, técnica de observación y encuesta. Cuyos instrumentos empleados fueron guías de análisis documental, guías de observación y encuestas; se utilizó el programa SPSS. Toda esta metodología le da a este informe de investigación el respaldo, sustento y seriedad respectiva. Finalmente, se obtuvo como resultado que la unidad minera de Algamarca presentó un sistema de ventilación en situaciones no óptimas, estos resultados se presentaron por medio de gráficos y tablas, cada una con sus respectivos análisis contribuyendo a comprobar la hipótesis. Concluyendo que la Unidad Minera Artesanal de Algamarca, al ser evaluado se constató que cuenta con un sistema de ventilación impelente, el cual es monitoreado por un experto.

**Palabras Clave:** Ventilación subterránea, minería artesanal, sistemas de ventilación, aireación.

## **Abstract**

The purpose of this research work was to carry out an evaluation of the ventilation system in the underground artisanal mining company of Algamarca, Cajabamba. The investigation arose from the problem linked to inadequate ventilation in the underground mine. To do this, it was sought to work with a sample made up of workers from level 2 of the Algamarca underground mining unit, made up of a main gallery; having a basic research and a descriptive transversal non-experimental design. Likewise, for the collection of information the analytical method, documentary analysis technique, observation technique and survey were used. Whose instruments used were documentary analysis guides, observation guides and surveys; the SPSS program was used. All this methodology gives this research report the support, support and respective seriousness. Finally, it was obtained as a result that the Algamarca mining unit presented a ventilation system in non-optimal situations, these results were presented by means of graphs and tables, each one with its respective analysis contributing to verify the hypothesis. Concluding that the Artisanal Mining Unit of Algamarca, when evaluated, it was found that it has an impelling ventilation system, which is monitored by an expert.

**Keywords:** Underground ventilation, artisanal mining, ventilation systems, aeration.

## I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática se presenta explicando que un buen sistema de ventilación permite tener una buena calidad y control de aire en conjunto de lo que se produzca en diversas actividades. Esto contribuye un buen ambiente laboral, seguro y limpio.

En este sentido, Carabajo (2015) afirma que la contribución efectiva de dicho proyecto de investigación, para la Empresa Minera ELIPE S.A. es para ofrecer una buena formación técnica. Lo cual, pueda proponer soluciones que sean confiables y que sean distintos a los problemas existentes que tienen actualmente el circuito de ventilación de la mina. Esto sirvió para lograr un buen mejoramiento en el crecimiento que sea eficiente y sostenible en lo que respecta a la actividad minera. Además, que fue rentable para lo que se realiza en la mina.

Sin embargo, hay un problema relacionado con la inadecuada ventilación en mina subterránea. El mismo que es definido como la falta de suministros correspondientes al sistema de aireación de aire natural o artificial, el cual en algunas empresas mineras hacen caso omiso a estas medidas. Esto ocasiona pérdidas económicas y muertes, provocado por diversas causas como: la falta de medición y monitoreo de los gases que produzcan, inexistencia de un circuito abierto de ventilación mina, mala inversión en los implementos de ventilación mina.

Cuando se hace referencia a la primera causa que es la falta de medición y monitoreo de los gases que produzcan. Clavijo (s.f.) señala que no se desarrollan monitoreos ni controles en las diversas empresas mineras, lo cual es necesario. Por lo que, debido a los gases que se producen como el oxígeno, gases combustibles como el metano, gases dañinos como el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), y el dióxido de hidrogeno (NO<sub>2</sub>). Como evidencia, según Guerrero (2016) en territorios de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca, la extracción de oro, rocas preciosas, metales y arcillas. Esto se viene incrementando desde los tiempos precolombinos, lo cual se analiza que con el crecimiento que tiene dicha industria el récord de los eventos con los términos

mortales acerca de las personas y el ambiente aumentaron. La Unidad de Planeación Minero Energética confirmó que para el 2013 en las labores mineras de los departamentos se descubrió que hay un gran número de muchas muertes y emergencias. Esto es debido a que tienen un mal monitoreo de los gases que se producen.

Otra evidencia, según Álvarez et al. (2012), dice que en cuanto a la inexistencia de un circuito abierto de ventilación mina. En la mina San Vicente produce algunas insuficiencias en el ingreso del aire limpio de ciertas labores. Esto va ocasionar los colchones de aire viciado, ósea que va disminuir las condiciones de vida dentro del sector. Así mismo esto hace que complique a las operaciones y a la comodidad de los trabajadores. La causa según Diario El Espectador (2010) es la inexistencia de un circuito abierto de ventilación mina. Es decir, lo ideal es que una mina debe contar con un sistema de ventilación que debe tener una entrada y además salidas individuales. Esto hace que se complique aspirar el gas metano y el monóxido de carbono que se almacenan en un sector más profundo o también eliminarlos por otra parte.

Lo cual, otro factor determinante del problema se relaciona con la mala inversión en los implementos de ventilación mina, según Marín (2013) afirma que en una labor cerrada no admite un flujo conveniente de aire fresco hacia la parte interna de la mina y existe mucha contaminación en el socavón. Lo cual, esto es producto de una mala inversión en los implementos de ventilación mina, ya que es indispensable un sistema de ventilación adecuado. Asimismo, los costos de la implementación del nuevo sistema de ventilación son bajos. La evidencia según Salamanca, Niño e Higuera (2012) dice que las situaciones actuales de minas subterráneas en Colombia no son buenas, ya que hubo muertes de 22 trabajadores. Esto es debido a la mala inversión en los implementos de ventilación mina, lo cual propone instalar ventiladores que sean adecuados a los circuitos de ventilaciones existentes en la mina. Asimismo, instalar ventiladores principales que suministren una corriente de aire persistente a la galería principal.

Frente a todo lo mostrado cabe proponer la siguiente interrogante: ¿De qué manera podemos saber si la Minera Artesanal Subterránea de Algamarca, Cajabamba cuenta con algún sistema de ventilación?

En este orden de ideas, los motivos que impulsan la elaboración del actual trabajo de investigación son de carácter académico, y legal. Por un lado, se refiere académico porque hay un interés de los integrantes en analizar un problema que será planteado desde el campo científico, entablando a diversas metodologías, técnicas e instrumentos para investigar a profundidad la problemática. Por otro lado, es legal, porque será imprescindible recurrir a la normativa altamente necesaria que permita identificar la verdadera realidad problemática, ya que el sistema de seguridad es indispensable para el cuidado de los obreros y por el sistema de seguridad ambiental.

Para ello, la presente investigación tiene el objetivo general: realizar una evaluación del sistema de ventilación en la Minera Artesanal Subterránea de Algamarca, Cajabamba. Para tal fin se han formulado los siguientes objetivos específicos: Conocer las condiciones de operación del actual sistema de ventilación, analizar el método de ventilación adecuado, e identificar los tipos de gases que se producen en mina.

Con el cumplimiento de los objetivos planteados, se logra confirmar la hipótesis que el sistema de ventilación en la Minera Artesanal Subterránea de Algamarca, Cajabamba está en pésimas condiciones.

## II. MARCO TEÓRICO

Entre los antecedentes internacionales Castillo (2017) una investigación titulada “Evaluación del sistema de ventilación de La Mina El Roble”, con el propósito de desarrollar una evaluación de la situación actual de ventilación en mina. Lo cual, se reconoció la condición en la que estaba el trabajo en la mina y su método de ventilación existente. Cuya finalidad fue reconocer los inadecuados y defectos de la ventilación en el trabajo de dicha mina, a través de la operación de campo como capacidades, evaluaciones y también se utilizó el programa Ventsim para plantear una solución impecable.

Así mismo, Chacha (2016) una investigación titulada “Sistema de ventilación para labores subterráneas de la Empresa Produmin S.A”, con el fin de agregar un sistema de ventilación para las funciones que se desarrollan en la parte interna de la mina. Asimismo, los datos de campo que autorizaron a que se desarrolle dicho proyecto de ventilación de la mina. Se concluye, que el sistema de ventilación está constituido por 4 generadores secundarios. Lo cual, estos implementos de ventilación han mejorado el rendimiento de la mina y operaran de manera eficiente.

Por otro lado, Rondón (2014-2015) una investigación titulada “Perfeccionamiento del sistema de ventilación del túnel Levisa-Mayarí del trasvase este-oeste”, con el propósito del perfeccionamiento del método de ventilación para obtener una adecuada condición higiénica-sanitaria. Cuya finalidad es que el ventilador se encontró cerca a la entrada del túnel. Lo cual, este recircula el aire dañado, por eso se examinó la probabilidad de agregar a la boca de aspiración un colector de 1 800 mm. Este se podrá colocar según la orientación primordial del aire y van a ofrecer elecciones cuando dicho ventilador no esté funcionando.

Entre los antecedentes nacionales Valdivia (2018) una investigación titulada “Evaluación Del Sistema De Ventilación De La Mina Consorcio Minero Horizonte – La Libertad – 2018”, cuyo objetivo es realizar un estudio sobre la condición existente de la técnica de ventilación con el que cuenta el Consorcio Minera Horizonte. Donde para determinar dicha técnica de ventilación de la mina se programaron funciones

de reconocimiento de etapas de monitoreos, inclusión de equipos, reportes constantes de investigaciones y realizar informes finales. De la misma forma, para determinar la condición y el caudal del aire que existe en las zonas asignadas usaron PCERCM 10. Finalmente, la información recogida fue comparada con tablas desarrolladas de acuerdo a la norma de emisiones de aire y fracciones de polvo en interrupción.

Vergaray (2017) una investigación titulada “Optimización del sistema de ventilación de la mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A”, cuyo objetivo es diagnosticar el diseño y un sistema de ventilación apropiado. Lo cual, va autorizar que se optimice el método de ventilación existente de la mina. Concluyendo que el método de ventilación de la mina Charito, es demasiado preciso a las variaciones, ya que esto es debido a las modificaciones de los puntos de trabajo. Por lo cual, fue necesario que se utilizara una ventilación artificial desde una bocamina, para poder complacer las exigencias en las diferentes áreas de labores.

Así mismo, Lanazca (2015) una investigación titulada “Implementación del sistema de ventilación para controlar la polución en túneles del área 220 de la Planta de CAL – CDC, Proyecto Pachachaca”, cuyo objetivo es diagnosticar los parámetros de implementación del método de ventilación que va permitir obtener una buena inspección de la polución en las galerías de la zona. Proponiéndose que el sistema de ventilación que se ha implementó es considerado un método de ventilación auxiliar, este es un modelo impelente. Esto significa que el sistema absorbe aire fresco del exterior y arroja a través de los ductos en dirección de las galerías de la zona 220 trasladando un aire dañado exteriormente de las galerías.

En cuanto a la teoría que guía el informe a investigarse se abordará en base a una explicación.

Según DePeru (s.f.) dice que la minería artesanal de Algamarca está ubicado en el distrito de Cachachi, de lo cual, corresponde a la provincia de Cajabamba y así mismo a la región de Cajamarca; por lo cual, tiene una altura de 3033 msnm.

Figuroa (2016) dice que la ventilación es un trabajo que se realiza para poder lograr una adaptación del aire, donde este desarrolla una circulación a través de las faenas subterráneas. Por otra parte, Quispe (2019) señala que la ventilación sirve para distribuir el aire en cantidades y calidades a la parte interna de las diferentes zonas de la mina. Esto es necesario para evacuar el aire dañado que se encuentra en mina a causa de los gases y polvos que originan en la parte interna de la mina.

De acuerdo a Merelles (2013) la ventilación subterránea es muy importante para las labores en las minas. Por lo que, sirve para extraer los polvos y gases que se originan en mina. Mediante la ventilación se suministra aire limpio que es indispensable para los operarios de la mina.

Sutty (2016) afirma que el aire atmosférico es un modelo de conjunto de vapores, donde cada uno respectivamente posee propiedades físicas y químicas. Por otro lado, los elementos prioritarios de la aireación atmosférica pura son el oxígeno y nitrógeno, encontrándose también pequeñas cantidades de gases extraños como el helio. Lo cual, se encuentra una proporción cambiante como el dióxido de carbono.

Para Caxi (2017) señala que el aire de mina es una combinación de vapores y gases, comúnmente asociado con polvos en suspensión que invade el área creada por las actividades en minería subterránea. Por otro lado, se puede decir que es el aire atmosférico ingresado a mina que ha padecido un conjunto de variaciones en su composición.

Los tipos de ventilación son ventilación natural y ventilación mecánica. En primer lugar, Nieto (2014) dice que la ventilación natural trabaja con dos accesos. Lo cual, uno actúa como entrada del aire y el otro como salida del aire; este se utiliza en todos los socavones. Esta ventilación se ocasiona debido a las diferentes temperaturas y presiones barométricas que origina una desigualdad de peso específico entre la entrada y salida del aire. En segundo lugar, Vargas (2015) afirma que la ventilación mecánica tiene su principal propósito que es el de asegurar un ambiente limpio y seguro para los trabajadores. Este tipo de ventilación se obtiene

mediante ventiladores que ingresan aire fresco por medio de mangas. Asimismo, se utilizan equipos auxiliares para una mejor aireación en la mina.

Los sistemas de ventilación se dividen de la siguiente manera: ventilación impelente, ventilación aspirante y ventilación impelente con apoyo aspirante. Para Capel (s.f.) la ventilación impelente consta en usar un ventilador que se acopla al acueducto. Lo cual, sirve para una circulación buena de aire limpio y fresco entre la parte interna de la mina y el frente de avance. Yepes (2013) dice que la ventilación aspirante se utiliza un acueducto rígido para extraer los gases y los polvos que se encuentran en mina. Asimismo, el aire ingresa por la entrada de la galería que pasa por toda la zona hasta que llega al frente de avance; donde se mezcla con las diferentes contaminaciones que existen en mina.

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.

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.

Según Huacani (2015) señala que el oxígeno cuando se encuentra en su estado normal es importante, ya que es necesario para la inspiración y la inflamación. Este gas no tiene color, es insustancial y levemente demasiado pesado que el aire. Por otro lado, el oxígeno debe estar en 21 % aproximadamente, ya que si baja al 12 % el trabajador va perder el conocimiento y puede llegar hasta la muerte.

Seguridad Minera (2018) afirma que anhídrido carbónico es un gas que no tiene color y tampoco olor; además tiene una sensación leve de ácido. Sin embargo, este gas se origina por la combustión de sustancias que son carbonosas cuando el oxígeno está en exceso. Asimismo, el gas es producto del escape de motores diésel que se utilizan en la parte interna de la mina. Por otro lado, el dióxido de nitrógeno es un gas incoloro debido a su concentración disminuida pero dañina y parda rojizo en el tiempo que su concentración es alta. Este gas se origina al detonar los explosivos, se da mediante las operaciones de soldadura al arco y con gas.

Velásquez (2015) dice que el monóxido de carbono es un gas que no tiene color y además no tiene sabor, es más liviano que el aire. Este gas es producido por las voladuras en mina, incendios en trabajos subterráneos y del escape de motores de combustión. Es un gas muy venenoso y peligroso, lo cual es la causa del 90 % de accidentes inevitables en mina.

Para Suty (2016) el anhídrido sulfuroso es un gas que no tiene color, es asfixiante, es incendiario, y además demasiado pesado que dicho aire y tiene un olor a azufre, y con una propiedad de disolución fácil con el agua. Este gas es originado por una inflamación de mineralógicos que son altos con contenidos de azufre en desastres subterráneos y también por las detonaciones con contenido de sulfuros. El peligro

de anhídrido sulfuroso es sumamente irritante siendo sencillo de reconocer y complicado de que un ser humano pueda mantenerse viva al exponerse a este gas.

VENTIUS (2016) dice que los polvos en mina son generados por la separación de las rocas durante su preparación. Esto también se origina durante la voladura, donde si el polvo es encontrado en dicho aire se va producir un método disgregado tomando el nombre como aerosol.

NIOSH (2018) dice que las consecuencias originadas por el polvo en mina son dañinas para la salud. Esto ocasiona enfermedades respiratorias tales como la neumoconiosis silicosis, siendo estas enfermedades en las cuales están expuestos mayormente todos los trabajadores en minería subterránea.

Los equipos de medición y control del área de ventilación son el aerómetro, anemómetro, tubo de Pitot y el barómetro. Según Borja et al. (2015) señala que el aerómetro se encarga de medir las áreas, es decir que mide la densidad del aire y de otros gases. Para Vidal (2014) el anemómetro es un instrumento que se encarga de medir las velocidades del aire y así obtener un buen control del aire. Vergaray (2017) dice que el tubo de Pitot se encarga de medir la velocidad por presión, a través del conducto abierto en un extremo que se dirige hacia la corriente del aire y enlazado a un equipo medidor de presión o eléctrica. Finalmente, según Vidal (2014) afirma que un barómetro se encarga de medir las presiones absolutas, ya que este sirve para tener un control adecuado para la zona de ventilación.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

El trabajo de investigación según CONCYTEC (2018) es de tipo básica. El diseño de investigación es no experimental de tipo transversal descriptivo, porque está dirigido a recoger datos. Además, Según Hernández, Fernandez y Baptista (2015) afirma que las investigaciones descriptivas buscan implantar las características considerables de personas, agrupaciones, asociaciones o cualquier otro prodigio que se ha impuesto a la observación. Por lo cual, estas investigaciones se sitúan a determinar o evaluar variadas apariencias, capacidades o factores del fenómeno o fenómenos a investigar.

#### 3.2. Variables y operacionalización

En esta matriz se consideró las variables señalando sus definiciones conceptuales y operacionales de cada variable. Se agregó sus dimensiones, indicadores, escala de medición y unidades que se realizó en el trabajo de investigación. (Ver anexo N° 02)

##### **Definición conceptual**

**Variable Independiente:** Pierola (2015) señala que la evaluación del sistema de ventilación es importante para que así pueda circular el aire de manera correcta, teniendo en cuenta una entrada y una salida.

##### **Definición Operacional**

**Variable Independiente:** La evaluación del sistema de ventilación hace referencia a un monitoreo e inspección de este, contando con las medidas de seguridad adecuadas.

**Dimensión:** Para la variable independiente son tipos de ventilación, tipos de ventiladores y los sistemas de ventilación.

**Indicadores:** Por un lado, con respecto a la variable independiente sus indicadores son natural o mecánica, centrífugo o axial, y los sistemas de ventilación.

**Escala de medición:** Para este informe de investigación se consideró la escala de medición nominal.

### **3.3. Población, Muestra y muestreo**

#### **Población**

Según Toledo (s.f.) señala que es una agrupación de individuos que intervienen en el fenómeno que es explicado en el análisis del problema de la investigación. Está constituida por los trabajadores que laboran en la unidad minera artesanal de Algamarca, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, perteneciente al departamento de Cajamarca.

- **Criterio de inclusión**
  - Trabajadores mayores de 20 años de edad y ambos sexos.
  - Trabajadores que tienen de 1 a 5 de años de experiencia, laborando en el lugar.
- **Criterio de exclusión**
  - Trabajadores mayores de 50 años de ambos sexos.
  - Trabajadores con dificultad de comunicarse o que no entiendan el idioma castellano.

#### **Muestra**

Para Toledo (s.f.) la muestra es parte de la población, ya que se encarga primero de recoger todas las características que son importantes para la población. Está constituida por los trabajadores del nivel 2 de la unidad minera artesanal, conformado por una galería principal.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas para poder recolectar datos, realizadas en la evaluación del sistema de ventilación en la minera artesanal subterránea de Algamarca, Cajabamba, son las siguientes.

- Técnica de Análisis Documental
- Técnica de Observación
- Encuesta

## **Instrumentos de recolección de datos**

### **a. Guía de análisis documental**

Se utilizó fichas de resumen.

### **b. Guía de observación**

- **Guía de observación de tipo de sistema de ventilación**

Se destinó un formato, donde se describió el tipo de sistema de ventilación, de acuerdo a la información recolectada en campo, por medio de una evaluación del sistema de ventilación. (Ver anexo N° 04)

- **Guía de observación de accidentes producto de una mala ventilación**

Se empleó un formato donde se describió los accidentes provocados por una mala ventilación, de acuerdo a la información adjuntada por noticias. (Ver anexo N° 05)

### **c. Encuesta**

- **Cuestionario**

Dicho formato se utilizó para ser respondido por los trabajadores del área de ventilación para ver que tanto conocimiento tiene acerca de las labores que se elaboran en la zona de ventilación. (Ver anexo N° 03)

## **3.5. Procedimiento**

En la primera etapa es la de la planificación, donde se recoge datos in situ para desarrollar la investigación. En esta etapa se recoge los antecedentes, artículos científicos y teorías que ayudan observar mejor el panorama del problema y la solución. Asimismo, se coordinó el viaje desde Chiclayo hasta Algamarca, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, perteneciente al departamento de Cajamarca.

En la segunda etapa es la de ejecución y aplicación de instrumentos. En primer lugar, se realizó una encuesta a los trabajadores para saber las condiciones actuales del sistema de ventilación de la mina. En segundo lugar, se observó que tipo de sistema de ventilación utilizaban para así analizar un método de ventilación

adecuado. Finalmente, describió los accidentes que son provocados por una mala ventilación y esto ayudó a identificar los tipos de gases que se producen en mina.

En la tercera etapa es el del procesamiento de datos. Donde con los resultados que se obtuvieron mediante los instrumentos se procesaron a través del software IBM SPSS para saber de cuantos trabajadores tienen el conocimiento de cómo se realiza una ventilación y de que gases se encuentran en mina.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Es indispensable considerar dichos métodos que se emplearan en el trabajo de investigación, que será el método analítico.

**Método analítico:** Esto se va realizar de acuerdo a la separación de diferentes componentes para así poder lograr examinar y analizar los fundamentos, condiciones, y sus métodos.

Por lo cual, para los análisis de datos se va a realizar utilizando el software IBM SPSS, lo cual, se va tomar en cuenta al método de análisis, y las pruebas de hipótesis.

Así mismo, dicha información que se va a realizar mediante el SPSS, nos impulsa a poder obtener un orden, como también desarrollar gráficos; de lo cual, ayudaron a interpretar la información bibliográfica que se recaudó con baso a los planeamientos teóricos, en lo cual, son base de la investigación realizada.

### **3.7. Aspectos éticos**

Según los reglamentos constituidos por la Universidad César Vallejo y a la condición de dicha investigación los aspectos éticos a estudiar en el presente proyecto de investigación serán los siguientes: autonomía, honestidad, y la responsabilidad.

✓ Autonomía

Esto se da por la acumulación de información de distintas fuentes, de lo cual, se va tener en cuenta a dichos autores adecuados a cada una de las investigaciones, así mismo, se utilizarán citas parafraseadas, por lo cual, estas citas serán diferentes a las contribuciones de dichos autores.

✓ Honestidad

La transparencia de la investigación, ya que de acuerdo a nuestros resultados se puedan dar cuenta que pueden ser repetitivos en caso de que otros investigadores quieran confirmar los hechos conocidos mediante nuevos estudios.

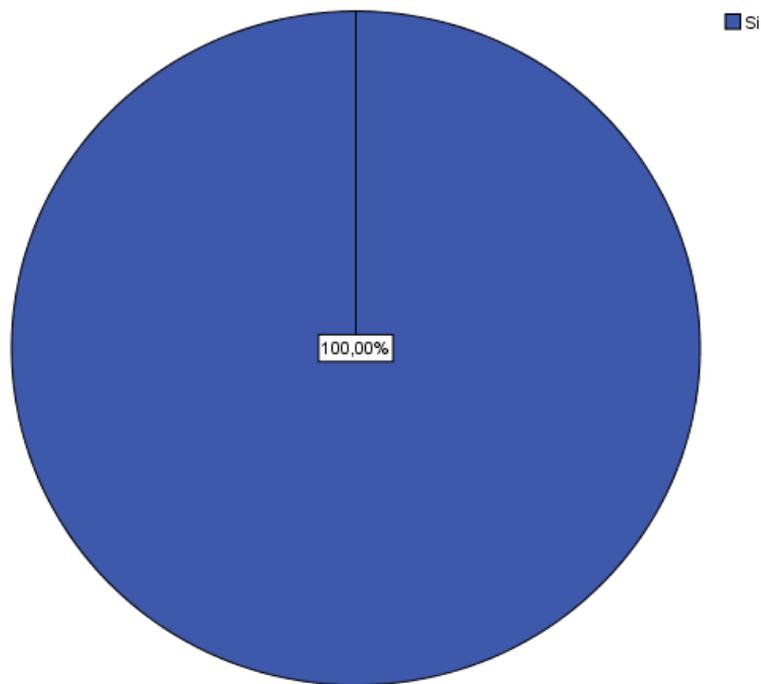
✓ Responsabilidad

El trabajo de investigación se ha elaborado con la ejecución de las condiciones éticas, legales y también de seguridad, de lo cual, esto es respetando las condiciones y términos que se han constituido en los proyectos de investigación.

#### IV. RESULTADOS

De acuerdo a lo planteado en nuestro trabajo se va presentar dichos resultados que hemos obtenido por cada objetivo que son las encuestas, guías de observación y guías de análisis documental.

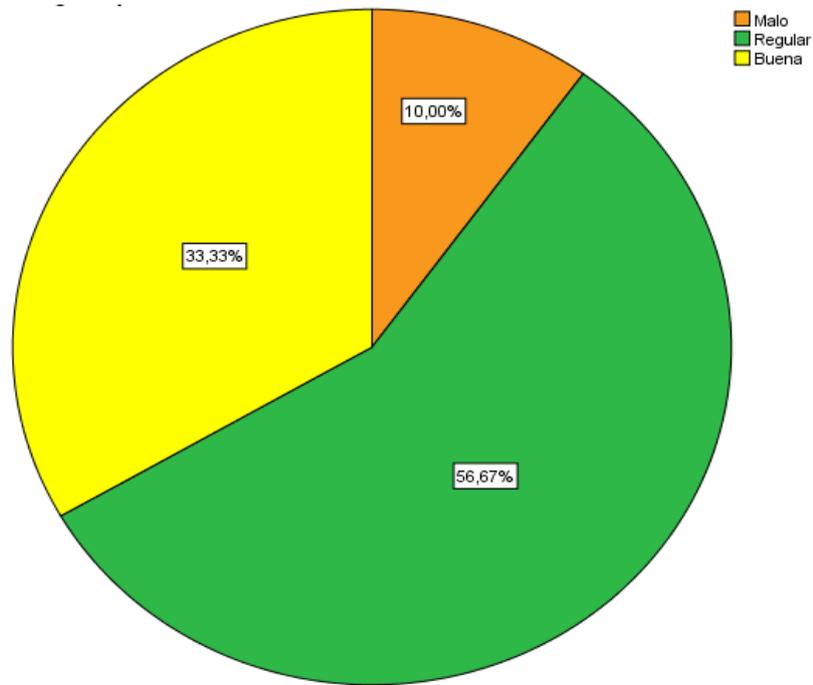
##### 4.1. Conocimientos de las condiciones de operación del sistema de ventilación



**Gráfico 1.** *Cuentan con sistema de ventilación*

Fuente: Elaboración propia

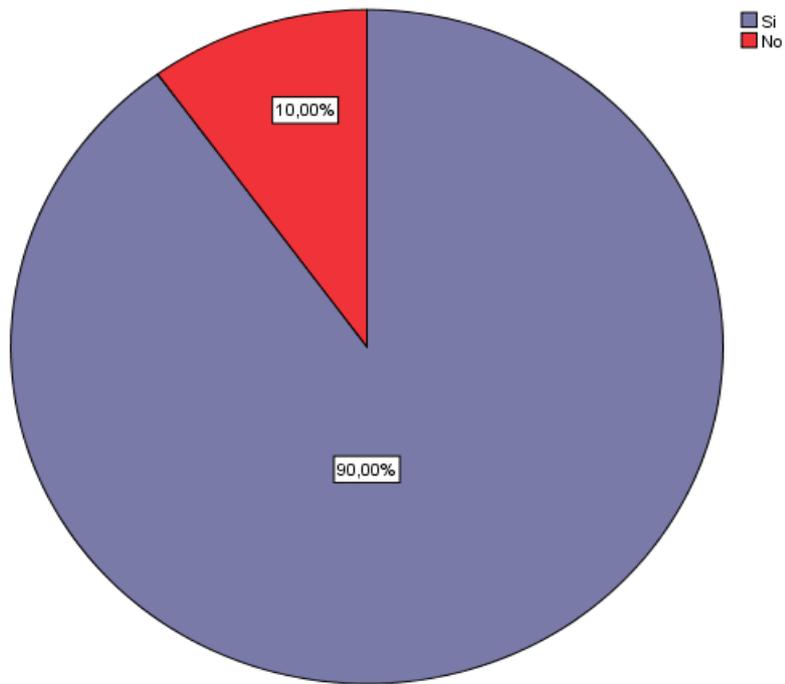
En el gráfico N° 1 se observa que del total de encuestados en la Unidad Minera de Algamarca el 100% si tienen el conocimiento que cuentan con un sistema de ventilación.



**Gráfico 2.** *Condiciones de la Unidad Minera*

Fuente: Elaboración propia

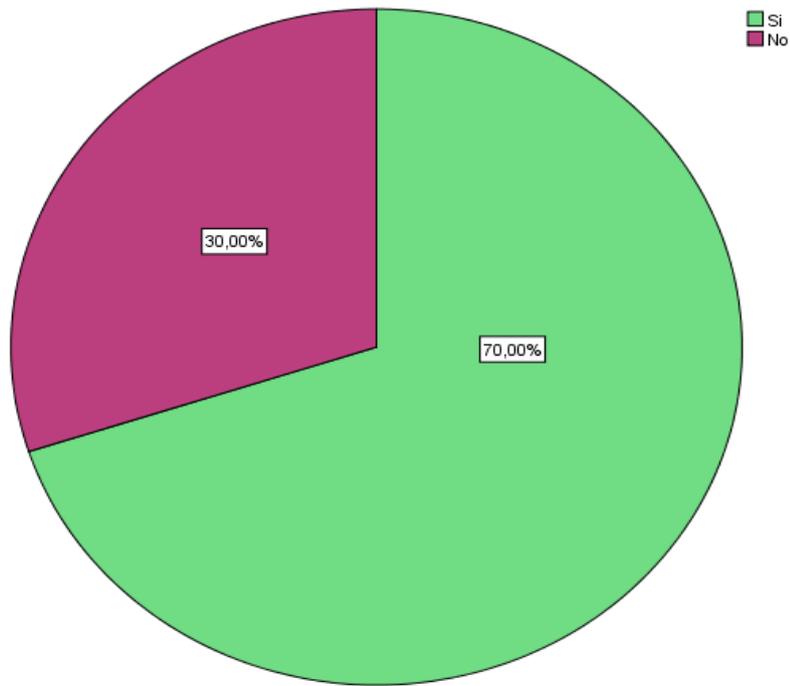
En el gráfico N° 2 se observa que del total de los encuestados se encontró que las condiciones en las que se encuentra la mina es que un 10% respondieron que está en malas condiciones, un 33% respondió que está de manera regular y un 56.67% respondieron que se encuentra en óptimas condiciones.



**Gráfico 3.** *Conocimiento del sistema de ventilación*

Fuente: Elaboración propia

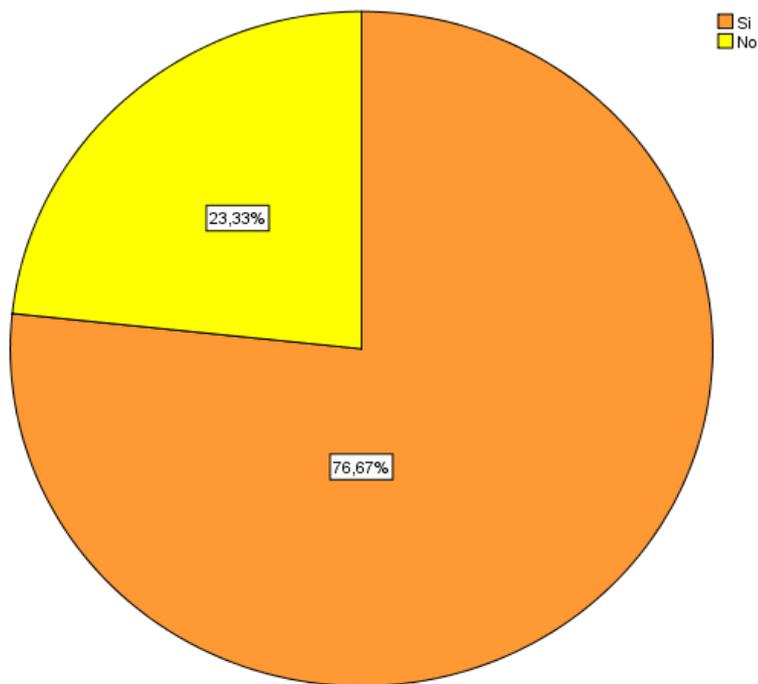
En el gráfico N° 3 se observa que del total de los encuestados un 90% respondió que tiene conocimiento de que tipo de sistema de ventilación emplea la mina, mientras que un 10% respondieron que desconocen que tipo de sistema de ventilación utiliza la mina.



**Gráfico 4.** *Conoce los tipos de ventilación*

Fuente: Elaboración propia

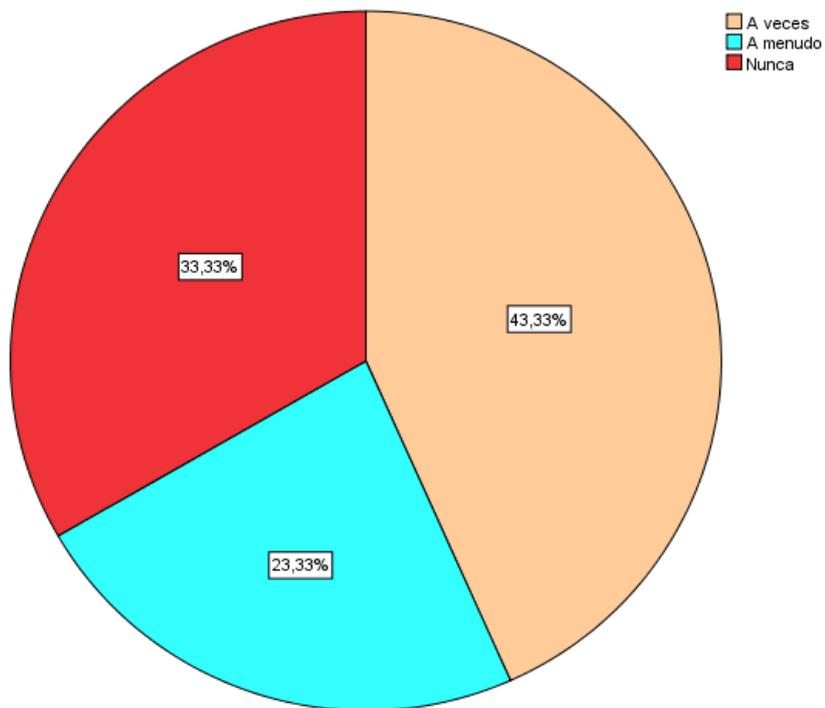
En el gráfico N° 4 se observa que del total de los encuestados en la labor un 70% respondieron que si conocen los tipos de ventilación mina y un 30% desconoce qué tipos de ventilación mina existen.



**Gráfico 5.** *Conocimiento de los gases*

Fuente: Elaboración propia

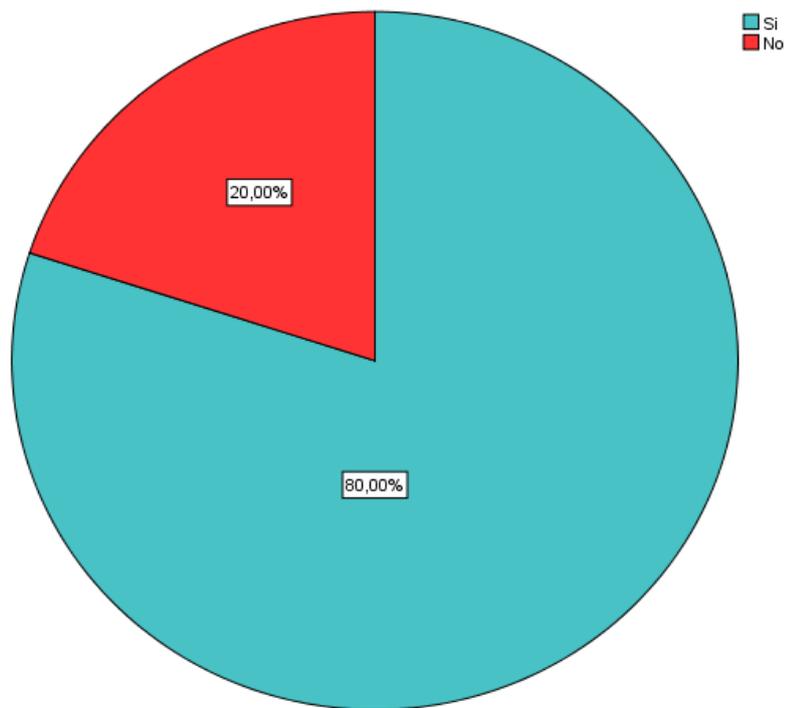
En el gráfico N° 5 se observa del total de los encuestado que un 76.67% respondieron que si tienen algún conocimiento de los gases que se producen en la parte interna de mina y un 23.3% desconoce de lo que se produce en mina.



**Gráfico 6.** *Algún tipo de accidente*

Fuente: Elaboración propia

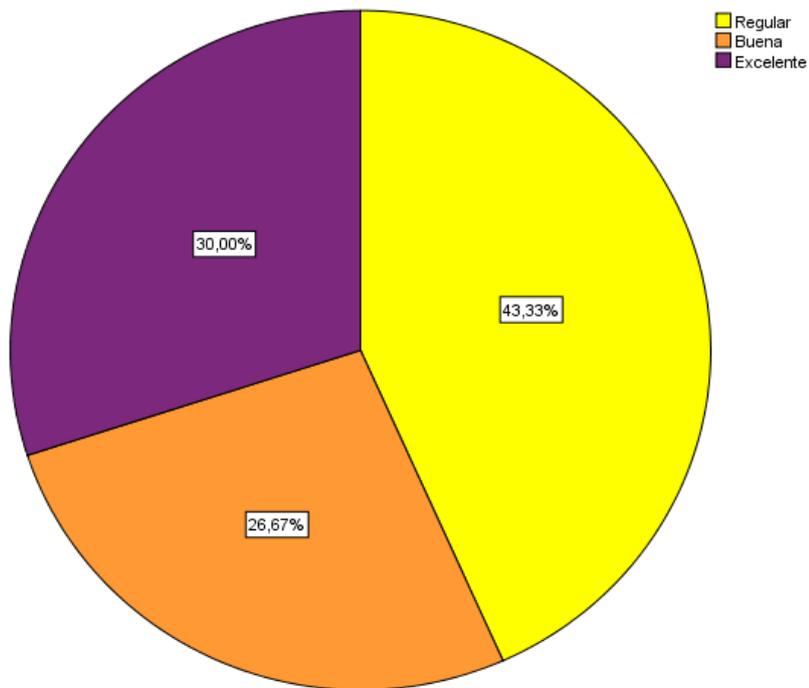
En el gráfico N° 6 se observa que del total de los encuestados en la mina se afirma que un 43.3% a veces presencian algún tipo de accidente producido por una mala ventilación, un 23.3% no tan a menudo y un 33.33% nunca presenciaron nada.



**Gráfico 7.** *Equipos de protección personal*

Fuente: Elaboración propia

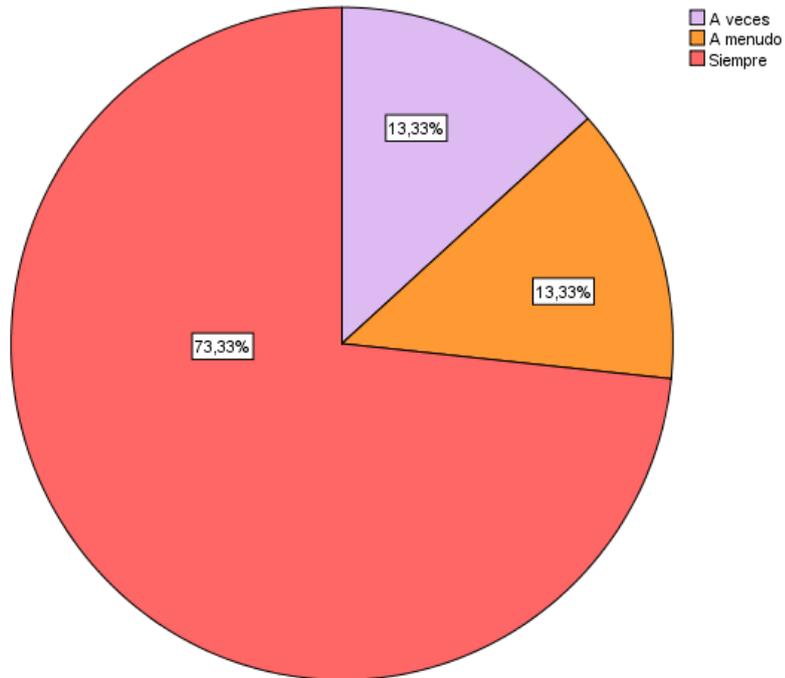
En el gráfico N° 7 se observa que del total de los encuestados en mina se afirma que un 80% si recibe sus equipos de protección persona y un 20% no recibe en ningún momento sus EPP.



**Gráfico 8.** Nivel de experiencia

Fuente: Elaboración propia

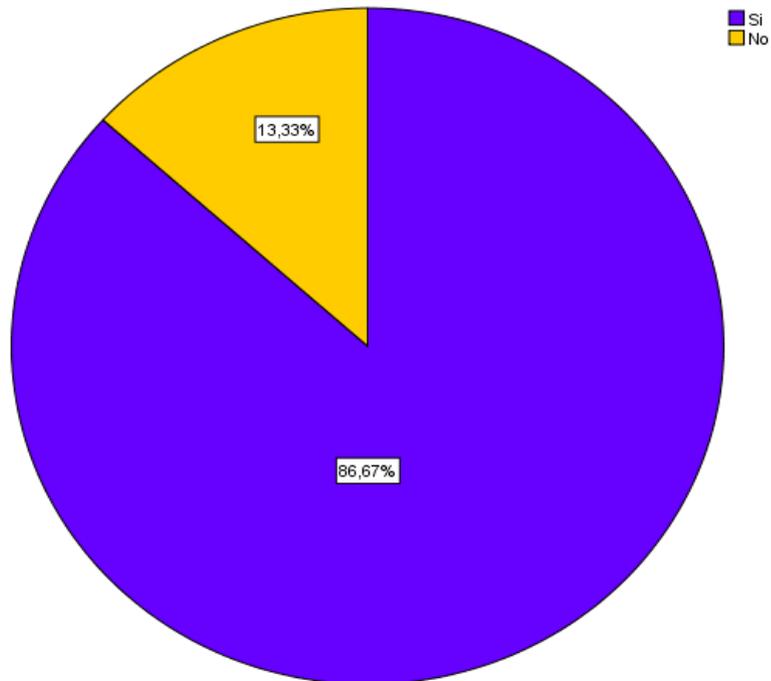
En el gráfico N° 8 se observa que del total de los encuestado se afirma que un 43.33% calificó como excelente su nivel de experiencia laborando en la mina. Por otro lado, un 30% calificó como buena y un 26.67% calificó su experiencia como regular.



**Gráfico 9.** *Recibe algún tipo de capacitación*

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 9 se observa que del total de los encuestados en la mina un 73.33% afirmó que reciben charlas de capacitación e inducción sobre sistemas de ventilación, un 13.33% respondieron que a veces les brindan algún tipo de charla referente a los sistemas de ventilación y un 13.33% afirmó que a menudo les brindan capacitaciones en la mina.



**Gráfico 10.** *Supervisor en el área de ventilación*

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 10 se observa que del total de los encuestados en la unidad minera un 86.67% afirma que si cuentan con un profesional capacitado en el área de ventilación mina y por otro lado un 13.33% afirman que no.

## 4.2. Análisis del método de ventilación adecuado

**Tabla 1.** *Tipo de sistema de ventilación*

VENTILACIÓN NATURAL	VENTILACIÓN ARTIFICIAL
En el nivel 2 cuenta con ventilación natural a una distancia desde la bocamina.	En el nivel 2 utiliza una ventilación artificial a partir de los 180 metros de profundidad un tipo de ventilador axial.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 1 se indica que en la Unidad Minera Artesanal de Algamarca tiene una ventilación artificial y natural que utilizan en dicha mina. Para mayor detalle ver en anexos.

**Tabla 2.** *Accidentes producto de una mala ventilación*

ACCIDENTES PRODUCIDOS POR UNA MALA VENTILACIÓN	En la nivelación 2 de la Unidad Minera artesanal subterránea de Algamarca, se ha producido accidentes por mala ventilación, debido al mal estado de los equipos de ventilación.
--	---

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 2 indica que en la Unidad Minera Artesanal de Algamarca si se han producido accidentes, ya que esto se ha dado producto de una mala ventilación. Para mayor detalle ver en anexos.

### 4.3. Identificación de los tipos de gases que se producen en mina

**Tabla 3.** *Tipos de gases que se producen en mina*

TIPOS DE GASES	
Gas nitrógeno	Gas monóxido de carbono
Oxígeno	Gas óxido de nitrógeno
Gas anhídrido carbónico	Gas anhídrido sulfuroso

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 3 indica que en la mina los tipos de gases que se producen en mina son el nitrógeno, el gas anhídrido carbónico, el gas monóxido de carbono, entre otros. Lo cual, son muy contaminantes para la salud e incluso estos gases pueden ocasionar la muerte. Para mayor detalle ver en anexos.

## V. DISCUSIÓN

Según el objetivo general, realizar una evaluación del sistema de ventilación en la Minera Artesanal Subterránea de Algamarca, Cajabamba, los resultados confirman la hipótesis planteada. Por lo tanto, se observó que el sistema de ventilación en la mina subterránea está en pésimas condiciones, ya que no cuentan con una adecuada ventilación para una aireación limpia y segura. Lo cual, la maquinaria que utilizan en la unidad minera son equipos de segundo uso que no están relativamente en condiciones buenas.

Esto concuerda por Duran (2018) en “Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea -Mina Colquijirca CIA de Minas Buenaventura S.A.A.”. Concluyó que la situación actual de la mina explica que las determinadas faenas con deficiencia de ventilaciones en cada nivel son originadas por las presencias de equipos diésel, esencialmente en los tajeos que están en producción. Así mismo hay determinadas faenas que no cuentan con ciertas chimeneas de ventilación y además tampoco cuentan con algunos ventiladores auxiliares. Por lo que, la mina tiene un revestimiento de 66.43% de aire y esto es debido a que no cuentan con una buena ventilación.

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.

Con estos resultados se afirma que al realizar una evaluación al sistema de ventilación se observó que los ventiladores no son adecuados para una correcta aireación. Por lo tanto, es importante desarrollar una evaluación a los sistemas de ventilación en mina para que así los trabajadores tengan un ambiente seguro y limpio.

Con el primer objetivo específico, conocer las condiciones de operación del actual sistema de ventilación. Los resultados relativamente no son favorables, llama la atención debido a que existe un desconocimiento de las labores que se realizan en ventilación por parte de los operarios. Sin embargo, cuenta con un especialista encargado en el área de ventilación mina.

Esto no concuerda con lo dicho de Castillo (2017) en “Evaluación del sistema de ventilación de la Mina El Roble”, quien concluyó que se reconocieron y examinaron las inadecuadas y defectos de ventilación en la operación minera. Esto es debido a que dicha mina no cuenta con una agrupación que sean especialistas de la zona de ventilación y de todos sus procedimientos como las evaluaciones, sostenimientos, sugerencias, entre otros. Además, tiene un revestimiento actual del sistema de ventilación de la mina aproximado en un 16%.

Para Caxi (2017) en “Estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de Minera Sotrami S.A.”, quien concluyó que su sistema de ventilación no está en buenas condiciones. Lo cual, no cuentan con una programación de mantenimiento a la ventilación mensualmente. Esto ocasiona que no ingrese una buena aireación a la mina y que los trabajadores tengan dificultades para laborar. Asimismo, la chimenea de la mina ya no es utilizada como echador, ya que tendrán una utilización de una ventilación exclusiva.

Con estos resultados se afirma que al conocer las situaciones que se encuentra actualmente el sistema de ventilación en mina no son adecuados. Por lo que, es conveniente que cuenten con especialistas en el área de ventilación y así tener un buen funcionamiento de la ventilación.

Por otra parte, en el segundo objetivo específico, analizar el método de ventilación adecuado. Los resultados obtenidos se afirma que se utiliza un método de ventilación adecuado teniendo una ventilación impelente (mecánica).

Lo cual concuerda con Vergaray (2017) en “Optimización del sistema de ventilación de la Mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A.”, quien concluyó que el sistema de ventilación de la mina utiliza la ventilación mecánica o artificial desde la bocamina. Este va satisfacer los requisitos de dicha mina en los distintos puntos de trabajo. Asimismo, se instaló dos ventiladores de 10 000 pies<sup>3</sup>/min; lo cual, este hace que ingrese aire fresco y limpio.

Guevara y 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 observó que, al analizar los métodos de ventilación adecuado, se encontró que es más conveniente utilizar una ventilación mecánica. Por lo que, es más eficiente para desarrollar una buena aireación en la mina.

De igual manera, en el tercer objetivo, identificar los tipos de gases que se producen en mina. Los resultados en cuanto a los tipos de gases que se producen en la parte interna de la mina se afirma que en la Unidad Minera Artesanal subterránea de Algamarca se producen distintos tipos de gases. Los tipos de gases que se producen en mina son el gas nitroso y sulfuroso, el cual en el transcurso de las actividades realizadas del día a día ha originado innumerables accidentes en la labor subterránea.

Esto concuerda en lo afirmado por Suty (2016) en “Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC-Puno”. Concluyó que los gases son muy contaminantes en una minería subterránea. Es decir, que es similar a quitarle el oxígeno, si es que le agregas el nitrógeno al aire. Además, una adición exagerada de nitrógeno va causar un ambiente sofocante y esto va ocasionar que el trabajador muera de sofocamiento.

Sin embargo, Morillo (2015) en el “Plan de control de riesgos por la presencia de gases en el proceso de voladura en minería subterránea de la Minera Somilor S.A.”, quien concluyó que el oxígeno está apto para un sector atmosférico seguro en la mina. Asimismo, el monóxido de carbono se encuentra apto para una zona atmosférica dentro de mina. Por lo que, estos gases si cumplen con los parámetros que se establecen con respecto a la minería subterránea.

Con estos resultados se afirma que los tipos de gases que se encuentran en mina son muy contaminantes, ya que al inhalar esos tipos de gases sufren enfermedades o morir por sofocamiento. Por lo tanto, se debe realizar constantemente monitoreos de gases para que así los trabajadores y practicantes de la mina tengan un lugar saludable y seguro.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. La Unidad Minera Artesanal subterránea de Algamarca, al ser evaluado se constató que, si cuenta con un sistema de ventilación, el cual es manejado por un encargado capacitado y especializado en el área de Ventilación Mina. Contando con un sistema de ventilación impelente.
2. Las operaciones en el área de ventilación en la Unidad Minera Artesanal subterránea de Algamarca se encuentran en condiciones no favorables, debido a que los equipos utilizados son máquinas de segundo uso.
3. El sistema de ventilación adecuado en la Unidad Minera Artesanal de Algamarca es una ventilación mecánica el cual es una ventilación secundaria ya que utiliza ductos y ventiladores auxiliares, que evacuan el área restringida de dichos socavones, utilizando unas rutas de alimentación de una buena aireación y de una salida del aire que está dañado.
4. Los gases que se producen en la Unidad Minera Artesanal de Algamarca son el monóxido de carbono, dióxido de carbono, gas nitroso y gas sulfuroso, estos gases se presentan debido a las actividades que se realiza al interior mina generalmente por voladura.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a los trabajadores dedicados a laborar en minería subterránea tener en cuenta los tipos de ventilación que existen, para que puedan saber en qué ambiente están laborando y si se encuentran seguros en ese lugar.
2. Por otro lado, deben utilizar correctamente sus equipos de protección personal, especialmente en el uso de su mascarilla con filtros. Este es primordial debido a los gases que se producen en la parte interna de dicha mina. También tener en cuenta el uso de los zapatos los cuales tienen que ser botas punta de acero, debido a la excesiva presencia de agua.
3. Finalmente, la empresa debe tener en cuenta los equipos de medición y control de aire para evitar cualquier tipo de accidente. Además, deben contar con equipos adecuados para el monitoreo de gases en mina.

## REFERENCIAS

ALVAREZ, Anthony [et al.]. Evaluación del sistema de ventilación de la Compañía Minera San Ignacio de Morocha – Mina San Vicente, aplicando el software Ventsim 3.9. Trabajo de investigación. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2012.

Disponible en <https://es.slideshare.net/michaelvargaslapa/ti-ventilacionmorocochafinaldocx>

BORJA, Patricia [et al.]. Estudio e implementación del laboratorio de química en el tópic de densidad de líquidos y sólidos para la formación académica en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Manabí: Universidad Técnica de Manabí, 2015.

Disponible en <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/633/1/ESTUDIO%20E%20IMPLEMENTACION%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20QUIMICA%20EN%20EL%20TOPICO%20DE%20DENSIDAD%20DE%20LIQUIDOS%20Y%20SOLIDOS%20PARA%20LA%20FORMACION%20ACADEMICA%20EN%20LA%20ESCUELA%20DE%20INGENIERIA%20CIVIL%20DE%20LA%20UNIVERSIDAD%20TECNICA%20DE%20MANABI.pdf>

CAMPILLOS, Alberto. Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, 2015.

Disponible en [http://oa.upm.es/36496/1/PFC\\_Alberto\\_Campillos\\_Prieto.pdf](http://oa.upm.es/36496/1/PFC_Alberto_Campillos_Prieto.pdf)

CAPEL, Fernando. Sistemas de ventilación auxiliar [en línea]. Argentina, (s.f.) [fecha de consulta: 12 de setiembre de 2019]. Tema N° 7.

Disponible en: [https://www.academia.edu/9489128/SISTEMAS\\_DE\\_VENTILACION\\_AUXILIAR](https://www.academia.edu/9489128/SISTEMAS_DE_VENTILACION_AUXILIAR)

CARABAJO, Carla. Diseño del circuito de ventilación de la zona norte de la Mina Cabo de Hornos, ubicada en el distrito Aurífero – Polimetálico Portovelo – Zaruma. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2015. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7700/1/T-UCE-0012-375.pdf>

CASTILLO, Daniel. Evaluación del sistema de ventilación de la Mina El Roble. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017. Disponible en <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1886/1/TGT-457.pdf>

CAXI, Yoman. 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, 2017.

Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3095/Mlally.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHACHA, Diego. Sistema de ventilación para labores subterráneas de la Empresa Produmin S.A. Tesis (Título en Ingeniería de Geología y Minas). Macas: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.

Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5125/1/53T0021.pdf>

CLAVIJO, Javier. Monitoreo de gases en minería [Diapositivas en PowerPoint]. (s.f.) [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/presentacion\\_multidetectores\\_ibrid-mx6.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/presentacion_multidetectores_ibrid-mx6.pdf)

Centros poblados [Mensaje en un blog]. Lima (s.f.). [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2019]. Recuperado de <https://www.deperu.com/centros-poblados/algamarca-30326>

DURAN, Jimmi. Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea – Mina Colquijirca CIA. de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.

Disponible en [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026\\_72490254\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026_72490254_T.pdf)

ESCOBAR, Juan. Inadecuada ventilación sería una causa de explosión en la mina [en línea]. El Espectador. PE. 18 de junio de 2010. [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2019].

Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/inadecuada-ventilacion-seria-una-causa-de-explosion-en-la-mina/>

FIGUEROA, Manuel. Ventilación subterránea [Diapositivas en PowerPoint]. (3 de febrero de 2016) [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2019]. Disponible en <https://es.slideshare.net/edersonccobravo/ventilacion-en-mineria>

GUERRERO, María. Riesgos operacionales en proyectos de minería subterránea. Revista científica Teknos [en línea]. Febrero-mayo 2016, n.º 1. [Fecha de consulta: 16 de setiembre de 2019].

Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/318413601\\_Riesgos\\_operacionales\\_en\\_proyectos\\_de\\_mineria\\_subterranea](https://www.researchgate.net/publication/318413601_Riesgos_operacionales_en_proyectos_de_mineria_subterranea)

GUEVARA, Iván y Villanueva, Willam. Evaluación y propuesta del sistema de ventilación en el sub nivel 058 en Minera TROY SAC - Cajamarca 2018. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13953/Guevara%20Rojas%20lv%c3%a1n%20-%20Villanueva%20Bola%c3%b1os%20Willam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 1.<sup>a</sup> ed. México: McGraw – Hill Interamericana de México, S.A. de C.V., 2015 [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/MarianaAndreaDlaPaz/hernandez-fernandez-baptista-i-49915464> ISBN: 968-422-931-3

HUACANI, Walquer. Ventilación de minas. Perú. [Diapositivas en PowerPoint]. (13 de enero de 2015) [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en <https://es.slideshare.net/Walquerhuacanicalsin/venti-minas-i>

LANAZCA, Luis. Implementación del sistema de ventilación para controlar la polución en túneles del área 220 de la Planta de Cal – CDC, Proyecto Pachachaca. Tesis (Título en Ingeniería Mecánica). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.

Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3627/Lanazca%20De%20La%20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARÍN, Carlos. Diseño de un sistema de ventilación mediante el uso de CFD. Tesis (Título en Ingeniería Mecánica). Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2013. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2486/1/106806.pdf>

MERELLES, Manuel. Revista mundo HVAC&R [en línea]. 2013. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/12/ventilacion-bajo-tierra/>

MORILLO, Edgar. Plan de control de riesgos por la presencia de gases en el proceso de voladura en minería subterránea de la Minera Somilor S.A. Tesis (Magister en Seguridad, Higiene Industrial y Salud Ocupacional). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2015.

Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20932/1/Tesis%20Ing.%20Morillo%20Macas%20Edgar%20Leonardo.pdf>

NIETO, Antonio. Revista mundo HVAC&R [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://www.mundohvacr.com.mx/2014/01/ventilacion-subterranea/>

THE National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). CDC. 14 de setiembre de 2018. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/mining/topics/respirable.html#:~:text=La%20inh%20alaci%C3%B3n%20del%20polvo%20de,respiratorias%20relacionadas%20con%20el%20polvo>

PIEROLA, Olguin. Evaluación integral del sistema de ventilación, modelamiento y diseño mediante el uso del software Ventsim Visual avanzado en la U.M. Animon CÍA. Minera Chungar. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2015.

Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/105/B2-M-18154.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Polvo en minería [Mensaje en un blog]. VENTIUS, (2016). [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2019]. Recuperado de <http://www.ventius.cl/docs/Ventius%20Polvo%20en%20Mineria%202016.pdf>

QUISPE, Prudencio. Ventilación de minas subterráneas natural y mecánica. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019.

Disponible en [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9886/Quispe\\_Caceres\\_Prudencio.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9886/Quispe_Caceres_Prudencio.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

RAICO, Alexander. Evaluación y optimización del sistema de ventilación del túnel de exploración Chaquicocha nivel 3750 - Minera Yanacocha, 2018. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Cajamarca: Universidad Nacional Cajamarca, 2019.

Disponible en [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3206/Tesis\\_Alexander%20Raico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3206/Tesis_Alexander%20Raico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

RONDÓN, Melinda. Perfeccionamiento del Sistema de Ventilación del Túnel Levisa-Mayarí del Trasvase Este-Oeste. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2014-2015.

Disponible en <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2266/tesismelinda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RUMBO MINERO. Ventilador axial VAV Airtec, de Alabe variable, predomina en labores subterráneas. Revista peruana de Minería [en línea]. (s.f.). [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://www.rumbominero.com/noticias/actualidad-empresarial/ventilador-axial-vav-airtec-de-alabe-variable-predomina-en-labores-subterraneas/>

SALAMANCA, Juan, NIÑO, John e HIGUERA, Oscar. Automatic control systems in mining ventilation. The importance in underground mining and it's development in Colombia. Revista Colombiana [en línea]. Noviembre, 2012. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019].

Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/271964354\\_SISTEMAS\\_DE\\_CONTROL\\_AUTOMATICO\\_EN\\_LA\\_VENTILACION\\_DE\\_MINAS\\_IMPORTANCIA\\_EN\\_LA\\_MINERIA\\_SUBTERRANEA\\_Y\\_SU\\_DESARROLLO\\_EN\\_COLOMBIA](https://www.researchgate.net/publication/271964354_SISTEMAS_DE_CONTROL_AUTOMATICO_EN_LA_VENTILACION_DE_MINAS_IMPORTANCIA_EN_LA_MINERIA_SUBTERRANEA_Y_SU_DESARROLLO_EN_COLOMBIA)

SEGURIDAD MINERA. 7 gases presentes en minas subterráneas. Revista peruana de Minería [en línea]. Abril, 2016. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/7-gases-presentes-minas-subterraneas/>

SEGURIDAD MINERA. ¿Cómo se generan los tóxicos en minería? Revista seguridad minera [en línea]. Marzo 2018. [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2019].

Disponible en <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/como-se-generan-los-gases-toxicos/>

SUTTY, Jesús. Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016.

Disponible en [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3539/Sutty\\_Vilca\\_Jesus\\_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3539/Sutty_Vilca_Jesus_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

TOLEDO, Neftali. Técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas. [Diapositivas en PowerPoint]. (s.f.) [Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2019]. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf>

VALDIVIA, Gilberto. Evaluación del sistema de ventilación de la Mina Consorcio Minero Horizonte – La Libertad – 2018. Tesis (Bachiller en Ingeniería de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21331/Valdivia%20Herrera%20Gilberto%20Jaime.pdf?sequence=4>

VARGAS, Erick. Ventilación de minas. Chile. [Diapositivas en PowerPoint]. (s.f.) [Fecha de consulta: 09 de octubre 2019]. Disponible en [http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterranas\(ErickVargasSernageomin\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterranas(ErickVargasSernageomin).pdf)

VELÁSQUEZ, Joe. Estudio descriptivo de optimización de los agentes de voladura para controlar y/o mitigar los gases tóxicos generados al ser detonados, Cajamarca – Perú, 2015. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2015.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7102/Vel%C3%A1squez%20Oparraguirre%20Joe%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ventilación en minas y túneles en fase de construcción [Mensaje en un blog]. Valencia: Yepes, V., (12 de agosto de 2013). [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2019]. Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/08/12/ventilacion-en-minas-y-tuneles-en-fase-de-construccion/>

VERGARAY, Roy. Optimización del sistema de ventilación de la Mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.

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

VIDAL, Rafael. Evaluación del recurso eólico en la Universidad Tecnológica de ciudad Juárez. Tesis (Magister en Ciencias en Energías Renovables). Chihuahua: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Departamento de Postgrado, 2014.

Disponible en <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/685/1/Tesis%20Rafael%20Vidal%20Herrera.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINERA ARTESANAL SUBTERRÁNEA DE ALGAMARCA, CAJABAMBA						
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
INADECUADA VENTILACIÓN EN MINA SUBTERRÁNEA	Realizar una evaluación del sistema de ventilación en la minera artesanal subterránea de Algamarca, Cajabamba.	El sistema de ventilación en la Minera Artesanal Subterránea de Algamarca, Cajabamba está en pésimas condiciones.	INDEPENDIENTE Evaluación del sistema de ventilación	Básica	Trabajadores que laboran en la unidad minera artesanal de Algamarca, Cajabamba.	Análisis documental, observación y encuesta.
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>			<b>DISEÑO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
	Conocer las condiciones de operación del sistema de ventilación.  Analizar el método de ventilación adecuado.  Identificar los tipos de gases que se producen en mina.			Transversal Descriptivo	Trabajadores del nivel 2 de la unidad minera artesanal, conformado por una galería principal.	Guía de análisis documental, guía de observación y cuestionario.

**Anexo 2.** Matriz de operacionalización

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINERA ARTESANAL SUBTERRÁNEA DE ALGAMARCA, CAJABAMBA					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I Evaluación del sistema de ventilación	Pierola (2015) señala que la evaluación del sistema de ventilación es importante para que así pueda circular el aire de manera correcta, teniendo en cuenta una entrada y una salida	La evaluación del sistema de ventilación hace referencia a un monitoreo e inspección de este, contando con las medidas de seguridad adecuadas.	Tipos de ventilación	Natural/Mecánica	NOMINAL
			Tipos de ventiladores	Centrífugo/Axial	NOMINAL
			Sistemas de ventilación	Impelente/Aspirante	NOMINAL



**Anexo 4.** Guía de observación del tipo de sistema de ventilación

---

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINERA  
ARTESANAL SUBTERRÁNEA DE ALGAMARCA, CAJABAMBA

---

Nombre del observador: Rodas Espiche Grecia Consuelo

Lugar: Algamarca (Nivel 2)

Fecha: 16-11-2019

Hora: 11:30 am

---

**GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN**

---

VENTILACIÓN NATURAL

VENTILACIÓN ARTIFICIAL

---

En el nivel 2 cuenta con ventilación natural a una distancia desde la bocamina a una profundidad de casi 180 metros.

En el nivel 2 utiliza una ventilación artificial a partir de los 180 metros de profundidad un tipo de ventilador axial, adherido a una manga de ventilación el cual alimentada y extraía aire de la galería, el sistema de ventilación en la Unidad Minera de Algamarca está en pésimas condiciones, debido a que lo se encontró el ventilador en mal estado y su procedencia es de 2da.

---

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 5.** Guía de observación de accidentes producto de una mala ventilación

---

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINERA  
ARTESANAL SUBTERRÁNEA DE ALGAMARCA, CAJABAMBA**

---

Nombre del observador: Escobar Gonzales Brenda Alexandra

Lugar: Algamarca (Nivel 2)

Fecha: 16-11-2019

Hora: 11:30 am

---

**GUÍA DE OBSERVACIÓN DE ACCIDENTES PRODUCTO DE UNA MALA  
VENTILACIÓN**

---

**ACCIDENTES PRODUCIDOS POR  
UNA MALA VENTILACIÓN**

En el nivel 2 de la Unidad Minera artesanal subterránea de Algamarca, se ha producido accidentes por mala ventilación, debido al mal estado de los equipos de ventilación, no teniendo un servicio adecuado, muy aparte que no sabían qué tipo de gases se manejaba en la interior mina y no tenían ningún tipo conocimiento de cómo poder solucionar algún accidente de este tipo.

---

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 6.** Guía de análisis documental de los tipos de gases que se producen en mina

---

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINERA  
ARTESANAL SUBTERRÁNEA DE ALGAMARCA, CAJABAMBA

---

---

**Ficha de Resumen N° 01**

---

Sutty Vilca Jesús Alberto

Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno  
2016

El nitrógeno al ser asociado con el aire y en algunas rocas es un gas químicamente inerte, incoloro, inodoro, insípido y más liviano que el aire; así mismo es el principal diluyente del oxígeno en el aire, por lo que cuando se le adiciona nitrógeno al aire se produce una atmosfera con deficiencia de oxígeno.

---

Fuente: Elaboración propia

---

**Ficha de Resumen N° 02**

---

Sutty Vilca Jesús Alberto

Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno  
2016

El oxígeno es un gas muy importante, ya que es necesario para la respiración y la combustión. Es incoloro, inodoro, insípido y ligeramente más pesado que el aire. Por otro lado, una de las principales causas de los escasos de oxígeno en el aire de mina es por el desprendimiento de gases por los carbones o el procesamiento de oxidación de materiales orgánicos.

---

Fuente: Elaboración propia

---

### **Ficha de Resumen N° 03**

---

Sutty Vilca Jesús Alberto

Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno

2016

Es un gas incoloro, inodoro; suele tener un sabor ligeramente ácido cuando se halla en concentraciones altas. Generalmente se considera un gas inerte debido a que no mantiene la combustión, siendo esta la razón de que se utilice como un extinguidor para combatir incendios.

---

Fuente: Elaboración propia

---

### **Ficha de Resumen N° 04**

---

Sutty Vilca Jesús Alberto

Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno

2016

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro, insípido y más liviano que el aire, este gas es producido por las voladuras en mina, incendios en trabajos subterráneos y en el uso de motores de combustión interna mal regulados.

---

Fuente: Elaboración propia

---

### **Ficha de Resumen N° 05**

---

Sutty Vilca Jesús Alberto

Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno

2016

Este gas nos hace referencia a uno de los gases más pesados que el aire, siendo incoloro debido a su concentración baja pero tóxica y parda rojizo cuando su concentración es alta. Por otro lado, es fácil de percibir este tipo de gas debido a su olor peculiar originado por una de las actividades de minería subterránea (voladura con explosivos).

---

Fuente: Elaboración propia

---

### **Ficha de Resumen N° 06**

---

Sutty Vilca Jesús Alberto

Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno

2016

Es un gas incoloro, sofocante, inflamable, más pesado que el aire y con un olor a azufre, y con una propiedad de disolución fácil con el agua. Este gas es originado por la combustión de minerales con altos contenidos de azufre en incendios subterráneos y también por las voladuras con contenido de sulfuros.

---

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 7. Validación de Instrumentos de Recolección de Datos

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El docente que suscribe los documentos es: el Ing. Orlando Alex Siccha Ruiz con DNI 18026960, con la especialidad de: Ingeniería de Minas da conformidad a los instrumentos: guía de observación y encuestas, que a continuación se presentan y que fueron sometidos a una evaluación y validación, con la finalidad de que sean aplicados por los estudiantes responsables: Escobar Gonzales Brenda Alexandra y Rodas Espiche Grecia Consuelo, en la investigación titulada Evaluación del sistema de ventilación en la minera artesanal subterránea de Algamarca, Cajabamba.

Dejo evidencia de lo evaluado firmando el presente documento para los fines que sean necesarios.

Chiclayo, 14 de Noviembre de 2019

Atentamente,

  
Nombre: Orlando Alex Siccha Ruiz  
DNI: 18026960  
CIP: 68633