

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN  
Y LA CALIDAD DE AIRE EN LA EMPRESA  
MINERA ARTESANAL LA CHIRA S.R.L.

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO DE MINAS**

**Autores:**

Christopher Jhancarlo Fernandez Sanchez  
Manuel Rafael Rengifo Lopez

**Asesor:**

Mg. Wilson Carlos Gómez Hurtado  
<https://orcid.org/0000-0002-3434-3664>

Trujillo - Perú

## Jurado Calificador

|                           |                                  |                 |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Jurado 1<br>Presidente(a) | <b>Jesús Gabriel Vilca Pérez</b> | <b>41779520</b> |
|                           | Nombre y Apellidos               | N.º DNI         |

|          |                             |                 |
|----------|-----------------------------|-----------------|
| Jurado 2 | <b>Elmer O. Luque Luque</b> | <b>02044966</b> |
|          | Nombre y Apellidos          | N.º DNI         |

|          |                                   |                 |
|----------|-----------------------------------|-----------------|
| Jurado 3 | <b>Jorge Omar Gonzales Torres</b> | <b>43703713</b> |
|          | Nombre y Apellidos                | N.º DNI         |

## Tabla de contenido

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| JURADO CALIFICADOR                    | 2  |
| DEDICATORIA                           | 3  |
| AGRADECIMIENTO                        | 4  |
| TABLA DE CONTENIDO                    | 5  |
| ÍNDICE DE TABLAS                      | 6  |
| ÍNDICE DE FIGURAS                     | 7  |
| RESUMEN                               | 9  |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN              | 10 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA              | 25 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS              | 28 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 39 |
| REFERENCIAS                           | 43 |
| ANEXOS                                | 47 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> Promedio de velocidades de aire en distintos puntos .....                       | 28 |
| <b>Tabla 2</b> Medición del sistema actual de ventilación. ....                                | 29 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Gases presentes en interior de mina</i> .....                                | 30 |
| <b>Tabla 4</b> Número de personal por guardia.....   | 33 |
| <b>Tabla 5</b> Factor de Producción de acuerdo con el consumo de madera .....                  | 33 |
| <b>Tabla 6</b> Requerimiento de aire según la temperatura.....                                 | 34 |
| <b>Tabla 7</b> Cantidad de Caudales .....  | 37 |
| <b>Tabla 8</b> Inversión de equipo de ventilación.....   | 38 |
| <b>Tabla 9</b> Matriz de Consistencia .....  | 47 |
| <b>Tabla 10</b> Matriz de operacionalización de variables.....                                 | 49 |
| <b>Tabla 11</b> Matriz de diagrama fotográfico de equipos .....                                | 54 |
| <b>Tabla 12</b> Cantidad mínima de aire hombre que debe preexistir en las minas de carbón..... | 57 |
| <b>Tabla 13</b> Concentración de Metano CH <sub>4</sub> en bocamina.....                       | 60 |
| <b>Tabla 14</b> Concentración de Metano CH <sub>4</sub> en BM + 100.....                       | 60 |
| <b>Tabla 15</b> Concentración de Metano CH <sub>4</sub> en BM + 200. ....                      | 61 |
| <b>Tabla 16</b> Concentración de Metano CH <sub>4</sub> en BM + 300. ....                      | 61 |
| <b>Tabla 17</b> Concentración de Metano CH <sub>4</sub> en BM + 380. ....                      | 62 |
| <b>Tabla 18</b> Concentración de Oxígeno en Bocamina. ....                                     | 63 |
| <b>Tabla 19</b> Concentración de Oxígeno en Bocamina + 100. ....                               | 63 |
| <b>Tabla 20</b> Concentración de Oxígeno en Bocamina + 200. ....                               | 64 |
| <b>Tabla 21</b> Concentración de Oxígeno en Bocamina + 300. ....                               | 64 |
| <b>Tabla 22</b> Concentración de Oxígeno en Bocamina + 380. ....                               | 65 |
| <b>Tabla 23</b> Concentración monóxido de Carbono bocamina. ....                               | 66 |
| <b>Tabla 24</b> Concentración monóxido de Carbono bocamina +100m. ....                         | 66 |
| <b>Tabla 25</b> Concentración monóxido de Carbono bocamina +200m. ....                         | 67 |
| <b>Tabla 26</b> Concentración monóxido de Carbono bocamina +300m. ....                         | 67 |
| <b>Tabla 27</b> Concentración monóxido de Carbono bocamina +380m. ....                         | 68 |
| <b>Tabla 28</b> Datos del anemómetro en BM. ....   | 69 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 29</b> Datos del anemómetro en BM + 100. .... | 70 |
| <b>Tabla 30</b> Datos del anemómetro en BM + 200. .... | 71 |
| <b>Tabla 31</b> Datos del anemómetro en BM + 300. .... | 72 |
| <b>Tabla 32</b> Datos del anemómetro en BM + 380. .... | 73 |
| <b>Tabla 33</b> Matriz de diagrama fotográfica.....    | 75 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> Concentración promedio Gas Metano (CH <sub>4</sub> ) y ..... | 30 |
| <b>Figura 2</b> Concentración promedio de Oxígeno (O <sub>2</sub> ).....     | 31 |
| <b>Figura 3</b> Concentración promedio de Monóxido de Carbono (CO) .....     | 32 |
| <b>Figura 4</b> Resultado de caudales .....                                  | 35 |
| <b>Figura 5</b> Sistema de ventilación en VENTSIM .....                      | 36 |
| <b>Figura 6</b> Tiempo de evacuación del Monóxido de Carbono (CO) .....      | 36 |
| <b>Figura 7</b> Tiempo de evacuación del Óxido de Nitrógeno .....            | 37 |
| <b>Figura 8</b> Dimensiones de labor .....                                   | 58 |

## RESUMEN

En la siguiente investigación tiene como principal objetivo Optimizar el sistema de ventilación en la empresa minera Miarlachi acorde al reglamento de seguridad y salud ocupacional, la presente investigación es de tipo aplicativo, por otro lado por su profundidad de investigación es de tipo descriptiva, de tal modo que se propone investigar el sistema actual de ventilación, así mismo es de tipo No Experimental – Cuantitativa, puesto que no se manipularán las variables y se realizarán toma de datos como el flujo de aire y gases presentes en las labores, como la presencia de gas Metano (CH<sub>4</sub>), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (NO<sub>2</sub>) y Oxígeno (O<sub>2</sub>), por otra parte se concluye la ineficiencia del sistema actual de ventilación con un caudal de 5292,32 cfm no apto para el buen desempeño de los colaboradores que trabajan en el frente de extracción, así mismo se llegó a calcular y simular en el software Ventsim el caudal necesario en la labor de acorde al número de trabajadores y parámetros correspondientes con un requerimiento de 8279,5448 cfm. Por ende es necesario implementar un nuevo sistema de ventilación en el nivel principal de la unidad minera, que cumpla con los estándares de acuerdo con el reglamento de seguridad y salud ocupacional.

**PALABRAS CLAVES:** Ventilación en mina, gases, sistema de ventilación, máximos permisibles.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.**



## REFERENCIAS

- Aguilar, M. (2018). Prevención y Control del Metano en Minería Subterránea de Carbón como Oportunidad de Proyectos Sostenibles en Colombia. 60.
- Baltazar, R. (2016). Influencia de los ventiladores en el sistema ventilación de la Mina Kazán De La Compañía Minera Paraíso [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4592>
- Chatterjee, A., Zhang, L., & Xia, X. (2015). Optimization of mine ventilation fan speeds according to ventilation on demand and time of use tariff. *Applied Energy*, 146, 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.134>
- Condori, J., & Hidalgo, L. (2012). Evaluación del sistema de ventilación de Mina Colquechaquita. [https://www.academia.edu/31386947/Evaluaci%C3%B3n\\_del\\_sistema\\_de\\_ventilaci%C3%B3n\\_de\\_Mina\\_Colquechaquita](https://www.academia.edu/31386947/Evaluaci%C3%B3n_del_sistema_de_ventilaci%C3%B3n_de_Mina_Colquechaquita)
- Cordoba, C., & Molina, J. (2011). Caracterización del sistema de ventilación en minería subterránea. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 0(29), 73-86.
- Diaz, R. (2019). Optimización del sistema de ventilación como un método de control de la calidad del aire en La Mina San Rafael, de la Región Puno [Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10028>
- Gallardo, S. (2008). Guía Metodológica de Seguridad para proyectos de Ventilación de Minas. 25.
- Gomez De La Torre, A., & Alcalá, M. E. (2022). Sistema de Ventilación para Optimizar las Operaciones en la Integración de Dos Unidades de Producción en una Empresa Minera, *La Libertad 2021*. 19-24. <https://doi.org/10.54808/CICIC2022.01.19>
- Haros, K. (2014). Ventilación subterránea -. Mundo Huac & R. <https://www.mundohvacr.com.mx/2014/01/ventilacion-subterranea/>
- Induambiente. (2010). Ventilación Subterra. Induambiente. <https://www.induambiente.com/informe-tecnico/climatizacion/ventilacion-subterra>

- Karagianni, M., & Benardos, A. (2021). Ventilation Design Modeling and Optimization for an Underground Bauxite Mine. *Materials Proceedings*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.3390/materproc2021005029>
- Kerguelen, J., González, V., & Jiménez, J. (2013). Calculo De Parámetros Determinantes En La Preparación De Un Circuito De Ventilación En Minería Subterránea De Carbón Usando Programación Estructurada. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 33, 155-162. <https://doi.org/No tiene>
- Mahmut, A. (2016). Gas leak at Chinese coal mine kills 12 workers. <https://www.aa.com.tr/en/world/gas-leak-at-chinese-coal-mine-kills-12-workers-/532766>
- Mayala, L. P., Veiga, M. M., & Khorzoughi, M. B. (2016). Assessment of mine ventilation systems and air pollution impacts on artisanal tanzanite miners at Merelani, Tanzania. *Journal of Cleaner Production*, 116, 118-124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.002>
- MetroGas. (s. f.). El monóxido de carbono. MetroGas. Recuperado 22 de septiembre de 2020, de <https://www.metrogas.com.ar/Paginas/el-monoxido-de-carbono.aspx>
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). Decreto Supremo N° 0024-2016-MEM. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/178152-0024-2016-mem>
- Ministerio de Energía y Minas - Minería. (2017). Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería—EDICIÓN 2017-2018. [http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=559](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=559)
- Motorex. (2017, julio 31). Ventilador axial o centrífugo ¿Cual es mi mejor opción? Motorex. <http://www.motorex.com.pe/blog/ventilacion-axial-o-centrifugo/>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Calidad del aire ambiente y salud. Calidad del aire y salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Osinermin. (2019). Boletín Estadístico de la Gerencia de Supervisión Minera. <https://www.osinermin.gob.pe/Paginas/search-results.aspx?q=Bolet%C3%ADn%20Estad%C3%ADstico%20de%20la%20Gerencia%20de%20Supervisi%C3%B3n%20Minera>

- Positiva Compañía de Seguros. (2017). Guía de Seguridad para ventilación de minas subterráneas (p. 40).  
[https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23980938/010318\\_guia\\_seg\\_ventilacion\\_minas\\_subterranas.pdf/52d1871d-37c0-45fe-9951-1b2adff92289](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23980938/010318_guia_seg_ventilacion_minas_subterranas.pdf/52d1871d-37c0-45fe-9951-1b2adff92289)
- Rebolledo, C. (2019). Propuesta de ventilación para minera blanco III, comuna de los Vilos [Universidad Técnica Federico Santa María].  
<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/46926>
- Ricse Ramos, R. W. (2021). Diseño del circuito de ventilación para evacuar los gases, humo y polvo en suspensión en las labores de la galería principal en la mina Artesanal Aurex-Acopalca, Pasco 2018 [Universidad Continental].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8706>
- Rivas, J. (2014). Diseño del sistema de ventilación de la mina subterránea de Oro “Sosa Méndez”, Municipio El Callao, Edo Bolívar – Venezuela [Tesis, Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Minería].  
<http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/1805>
- Rueda, N. R., Toro, S. C., & Zuleta, R. (2012). Optimización del sistema de ventilación en una mina de gran altura, Compañía Minera Raura. 8.
- Seguridad Minera. (2020). Métodos y planeación de ventilación de minas subterráneas. Seguridad Minera. <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/metodos-y-planeacion-de-ventilacion-de-minas-subterranas/>
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (2015). Ventilación de Minas. 36.
- S&P Sistemas de Ventilación. (2017). Ventiladores axiales: Qué son, características y prestaciones. S&P Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventiladores-axiales-que-son/>
- Sutty, J. (2016). Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno [Universidad Nacional del Altiplano].  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3539>
- Toro, S. C., Rueda, N. R., & Marin, G. A. (2012). Estandarización del proceso de ventilación en minas de carbón- Caso Carbones del Caribe S.A.S. Colombia.

<https://docplayer.es/67712893-Estandarizacion-del-proceso-de-ventilacion-en-minas-de-carbon-caso-carbones-del-caribe-s-a-s-colombia.html>

Vanguardia Liberal. (2011). Tres trabajadores mueren por falta de oxígeno en una mina de Socotá, Boyacá. [www.vanguardia.com](http://www.vanguardia.com).  
<https://www.vanguardia.com/mundo/114135-tres-trabajadores-mueren-por-falta-de-oxigeno-en-una-mina-de-socota-boyaca-DBVL114135>

Vargas, E. (2015). Ventilación de minas (p. 36).  
[http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterraneas\(ErickVargasSernageomin\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterraneas(ErickVargasSernageomin).pdf)