

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

APLICACIÓN DEL PROCESO DE ABSORCIÓN GASEOSA PARA EL LAVADO DE GASES CONTAMINANTES EN MINAS

**APPLICATION OF THE GASEOUS ABSORPTION
METHOD FOR THE SCRUBBING OF POLLUTANT GASES IN
MINES**

Keith Julieth Guaman Navarrete
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Andres Cristopher Torres Gaona
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Emilia Mishelle Rodriguez Peñafiel
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Wilson Patricio Leon Cueva
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17778

Aplicación del Proceso de Absorción Gaseosa para el Lavado de Gases Contaminantes en Minas

Keith Julieth Guaman Navarrete¹kguaman8@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0009-0003-8061-831X>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Andres Cristopher Torres GaonaAtorres2@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0009-0001-2322-6331>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Emilia Mishelle Rodriguez Peñafielerodrigue6@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0009-0004-3165-1217>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Wilson Patricio Leon Cuevawleon@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-5474-430X>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

RESUMEN

El estudio analiza el proceso de absorción gaseosa como alternativa para tratar los gases contaminantes que se originan en explotaciones mineras, centrándose en la disminución de sustancias perjudiciales como el SO₂, NO_x y CO. A través de un enfoque cualitativo y un diseño experimental de tipo transversal, se analizó la efectividad del proceso en entornos mineros reales, tomando en cuenta factores como la concentración y naturaleza del absorbente líquido, el flujo de los gases y las condiciones de operación. La investigación abarcó la revisión de literatura especializada en instalaciones mineras que han adoptado torres de absorción gaseosa. Los hallazgos indican que estas torres, sobre todo cuando operan en modo de contracorriente y con recirculación del absorbente, permiten una reducción notable de los contaminantes presentes en los gases tratados. Por ejemplo, en una planta de procesamiento de carbón en China, la implementación de este sistema logró disminuir la concentración total de polvo a menos de 8.1 mg/m³ y el polvo respirable a menos de 5.9 mg/m³. Se resalta la relevancia de optimizar el diseño y ajustar la tecnología a las particularidades de cada mina para alcanzar la máxima eficiencia.

Palabras clave: absorción de gases, minas, torres de absorción

¹ Autor principal

Correspondencia: kguaman8@utmachala.edu.ec

Application of the Gaseous Absorption Method for the Scrubbing of Pollutant Gases in Mines

ABSTRACT

The study analyzes the gas absorption process as an alternative for treating polluting gases originating in mining operations, focusing on the reduction of harmful substances such as SO₂, NO_x, and CO. Using a qualitative approach and a cross-sectional experimental design, the effectiveness of the process was analyzed in real mining environments, taking into account factors such as the concentration and nature of the liquid absorbent, gas flow, and operating conditions. The research included both a review of specialized literature and the study of data obtained from mining facilities that have adopted gas absorption towers. The findings indicate that these towers, especially when operating in countercurrent mode and with absorbent recirculation, allow for a significant reduction in the pollutants present in the treated gases. For example, at a coal processing plant in China, the implementation of this system reduced the total dust concentration to less than 8.1 mg/m³ and respirable dust to less than 5.9 mg/m³. The importance of optimizing the design and adjusting the technology to the particularities of each mine in order to achieve maximum efficiency is highlighted.

Keywords: gaseous absorption, mines, absorption towers

Artículo recibido 10 abril 2025

Aceptado para publicación: 14 mayo 2025



INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad económica esencial, sin embargo es parte de uno de los sectores con mayor generación de gases contaminantes, los mismos que pueden generar daño ambiental en los que se incluyen a nivel atmosférico el daño a la capa de ozono, y el riesgo en la salud humana (Porta, 2018). Por ello la aplicación del método de absorción gaseosa para el lavado de gases contaminantes es una técnica que consiste en la transferencia de contaminantes desde la fase gaseosa hacia una solución líquida absorbente, con el fin de reducir la concentración de compuestos nocivos como dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxido de carbono (II) (CO), comúnmente recurrentes en zonas de minería. (Cabrera y otros, 2024). En este contexto, el presente estudio se enfoca en la aplicación del método de absorción gaseosa como estrategia para el lavado y control de estos gases nocivos.

El problema que motiva esta investigación radica en la insuficiencia de adaptación y optimización de tecnologías de absorción gaseosa en la minería, dada la complejidad y variabilidad de condiciones de operación y composición de gases emitidos. A pesar de la existencia de sistemas de tratamiento, persisten vacíos en el conocimiento sobre cómo maximizar la eficiencia del proceso y garantizar su viabilidad técnica y económica en diferentes escenarios mineros (Apaza, 2017). Por ello resulta fundamental analizar y mejorar estas tecnologías para reducir los riesgos asociados a la contaminación atmosférica en la minería.

La relevancia de esta investigación en la creciente necesidad de cumplir con normativas ambientales más estrictas y en la preocupación por proteger la salud ocupacional de los trabajadores mineros (Marquez & Adulvire, 2024). La absorción gaseosa, basada en principios de transferencia de masa y reacciones químicas en fase líquida, ha demostrado ser una solución efectiva para la captura de contaminantes, contribuyendo a mejorar la calidad del aire y minimizar el impacto ambiental. Además, la innovación en materiales absorbentes y el diseño de sistemas optimizados pueden reducir costos operativos y aumentar la eficiencia, aspectos críticos para la sostenibilidad del sector minero.

Un estudio sustentado en base a un marco teórico considerado como ligado a los fundamentos, ingenierías como química y ambiental, singularmente hacia la absorción de gases, considerando la solubilidad de los gases, la concentración y naturaleza del absorbente, cinética de las reacciones y



parámetros físicos como son la temperatura, la presión. Estudios previos han desarrollado modelos y evaluaciones experimentales que permiten entender y predecir el comportamiento de procesos en condiciones reales, lo que facilita la toma de decisiones en el diseño y operación del sistema de absorciones para la minería. (Castro, 2018)

Referente al historial de antecedentes, la literatura científica y técnicas reportadas diversas experimentales exitosas en la aplicación de la absorción gaseosa para el tratamiento de gases industriales y mineros, aunque con limitaciones relacionadas con la adaptación tecnológica y la integración con otras técnicas de control ambiental (Quinde, 2019). Este trabajo aporta al conocimiento existente al ofrecer una análisis integral que considera tanto los aspectos técnicos como los contextuales de la minería, con el fin de proponer estrategias que optimicen la eficacia y la aplicabilidad del método.

El estudio se enmarca en el contexto de la minería en regiones con alta extractiva, donde la contaminación atmosférica representa un problema ambiental y de salud pública relevante. En estos escenarios, la implementación de tecnologías eficientes y sostenibles para el control de emisiones es indispensable para garantizar la protección ambiental y el bienestar de las comunidades involucradas. (Torres & Murcia, 2021)

Por último, el objetivo de esta investigación es analizar la aplicación del todo de absorción gaseosa para el lavado de gases contaminantes en minas, evaluando su eficiencia, variables operativas y potencial de mejora. Este propósito que orienta el desarrollo del estudio y busca contribuir a la mitigación de la contaminación atmosférica en el sector minero, aportando soluciones técnicamente viables y ambientalmente responsables.

METODOLOGÍA

Enfoque de la investigación

Este estudio, se adoptó un enfoque descriptivo con un diseño documental de revisión, lo que permitió recopilar, analizar y sintetizar información clave sobre el tema de absorción de gases. Para garantizar la rigurosidad y amplitud de las fuentes, se consultaron diversas plataformas académicas y bases de datos especializadas, entre ellas Elsevier, Google Scholar, ResearchGate, ScienceDirect, bibliotecas virtuales y revistas científicas. Estas herramientas fueron fundamentales para acceder a literatura fidedigna y actualizada.



Proceso de filtrado y selección final:

- **Extracción inicial:** Se recopiló información detallada sobre autores, metodologías, revisiones de literatura y conclusiones relacionadas con torres de absorción, columnas de platos, empaques y aplicaciones industriales.
- **Exclusión de datos no relevantes:** Se descartaron fuentes que no abordaban directamente estos temas.
- **Depuración por duplicidad y criterios de calidad:** De 60 fuentes iniciales, se eliminaron 15 por duplicación, 15 por antigüedad y 8 por decisión de los autores (por falta de pertinencia o rigor metodológico).
- **Selección final:** Quedaron 22 referencias que cumplían con todos los requisitos. Estas fueron descargadas en texto completo y analizadas en profundidad para integrar sus aportes al estudio.

Limitaciones

Este estudio se limitó a la perspectiva cualitativa lo que puede restringir la generalización de los hallazgos. Sin embargo, la profundidad del análisis aporta un entendimiento valioso sobre el contexto y las condiciones del método en la minería. La búsqueda se realizó en español e inglés, utilizando términos como:

"Absorción de gases", "Torres de absorción", "contaminación atmosférica", "Depuradores", (para español).

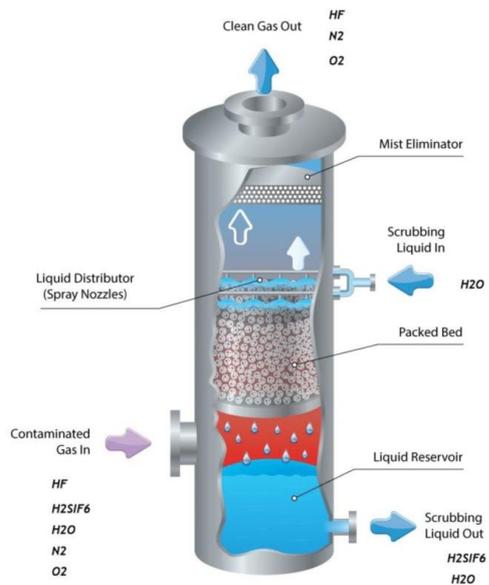
"Pollution", "scrubbers", "Gas absorption", "absortion towers", (para inglés).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través de estudio de literatura se confirmó que las torres de absorción gaseosas representan tecnologías congruentes.

Para poder reducir la contaminación atmosférica generada en procesos industriales y mineros. Estas torres funcionan mediante la transferencia de masa, donde un gas contaminante logra entrar en contacto con un líquido absorbente que disuelve selectivamente los componentes nocivos, disminuyendo así su concentración en el gas tratado (Cabrera y otros, 2024).

Figura 1. Torre de absorción gaseosa. (IQR, 2023)



El diseño típico de estas torres consiste en un flujo a contracorriente, donde el líquido absorbente es rociado desde la parte superior y el gas contaminante ingresa por la parte inferior, de esta manera permite contacto prolongado y eficiente que maximiza la absorción (Rueda, 2018). Una recirculación del líquido absorbente, aunque con una baja concentración del contaminante disuelto, mejora la efectividad del proceso y contribuye a la sostenibilidad operativa.

El diseño de los sistemas de absorción para el lavado de gases en minería requiere una cuidadosa selección de equipos según las características específicas de los efluentes gaseosos. Las torres de absorción (scrubbers) representan el componente central de estos sistemas, existiendo tres configuraciones principales según las necesidades operativas (León et al., 2024). Las torres de relleno, equipadas con empaques estructurados como anillos Pall o saddles de cerámica, maximizan la superficie de contacto gas-líquido mediante un diseño que promueve la turbulencia y el tiempo de residencia. En particular, las operaciones de minería de cobre requieren materiales especializados como polipropileno (PP) o fluoruro de polivinilideno (PVDF) por su resistencia a la corrosión causada por los ácidos presentes en los gases de fundición. Por otro lado, las torres de platos, con su diseño de etapas múltiples (burbujeo o tamiz), son particularmente efectivas para tratar gases con altas concentraciones de SO₂ (>5000 ppm), comunes en procesos de tostación de minerales sulfurados. Cada plato funciona como una cámara de reacción independiente, permitiendo un control preciso de las condiciones de absorción en

cada etapa. (Cheremisinoff, 2015).

Finalmente, los scrubbers Venturi combinan las funciones de remoción de partículas y absorción gaseosa en una sola unidad, siendo ideales para operaciones carboníferas donde los efluentes contienen simultáneamente material particulado ($>50 \text{ g/Nm}^3$) y gases ácidos, el diseño Venturi acelera el flujo gaseoso a través de una constricción, donde se inyecta el líquido absorbente, creando una fina neblina que optimiza la transferencia de masa (Verlek, 2017).

Figura 2. Diagrama de torre de platos (Unknown, 2017)

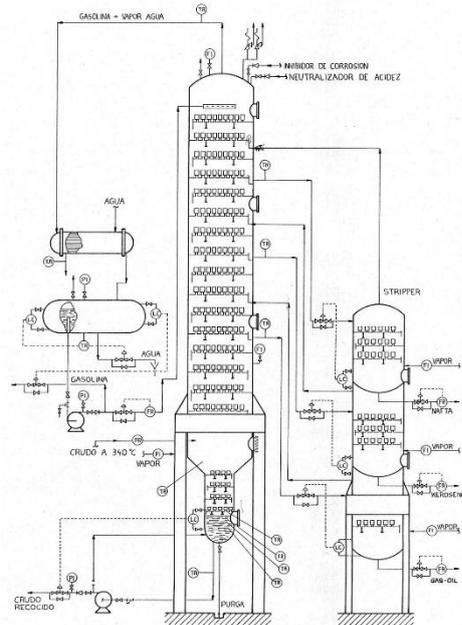
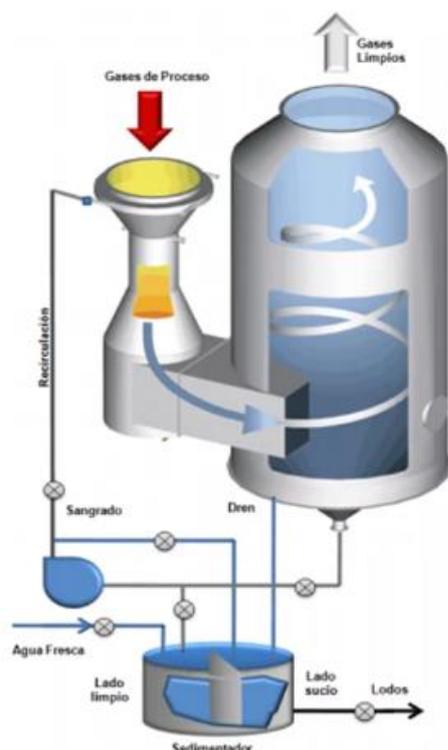


Figura 3. Diagrama de lavador de gases Venturi (Verlek, 2017)



La selección de reactivos para la absorción de contaminantes gaseosos depende fundamentalmente de la naturaleza química de los mismos y de consideraciones económicas. Para el tratamiento de SO_2 , el hidróxido de sodio (NaOH) ofrece una solución altamente eficiente (eficiencias $>95\%$) mediante una reacción rápida que produce sulfito de sodio (Na_2SO_3) como principal subproducto. Sin embargo, su alto costo operativo (aproximadamente USD 500/ton) limita su uso a operaciones de mediana escala o donde se requieren altos niveles de pureza en los subproductos. En contraste, la cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), con un costo significativamente menor (USD 100/ton), es ampliamente adoptada en grandes operaciones mineras como Cerro Verde (Perú), donde se procesan más de 100,000 Nm^3/h de gases de fundición. La reacción con cal genera sulfito de calcio (CaSO_3), que posteriormente puede oxidarse a yeso (CaSO_4) para aplicaciones comerciales. Para los NO_x , el sistema más efectivo combina ácido sulfúrico (H_2SO_4) con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en medio ácido (pH 3-4), donde el H_2O_2 actúa como oxidante fuerte para convertir los óxidos de nitrógeno en ácido nítrico (HNO_3), compuesto de mayor solubilidad y menor volatilidad. Este proceso, conocido como oxidación húmeda, alcanza eficiencias del 85-90% cuando se opera a temperaturas controladas (40-60°C). (Cheremisinoff, 2015)

Manterner el rendimiento de los sistemas de absorción está determinado por tres variables operacionales clave. El pH del líquido absorbente debe mantenerse en el rango alcalino (8-10) para garantizar la disponibilidad de iones OH^- necesarios para las reacciones de neutralización, siendo monitoreado continuamente mediante sensores electroquímicos con corrección automática. La relación líquido/gas (L/G), típicamente entre 3-10 L/m^3 , varía según la carga contaminante; en minas auríferas que procesan minerales con alto contenido de sulfuros, se emplean relaciones hasta de 15 L/m^3 para manejar concentraciones de SO_2 superiores a 10,000 ppm. El tiempo de contacto, directamente relacionado con la altura de la torre y el tipo de empaque, debe superar los 2 segundos para asegurar la completa difusión de los gases hacia la fase líquida. Estudios en la mina Yanacocha (Perú) demostraron que incrementar el tiempo de contacto de 1.5 a 2.3 segundos mejoró la eficiencia de captura de SO_2 de un 82% a un 91%. (Hidalgo, 2014)

Los efluentes líquidos generados en la absorción requieren tratamiento antes de su disposición o reúso. La neutralización con ácido sulfúrico (H_2SO_4) ajusta el pH a 6-8, precipitando metales pesados como cadmio o arsénico presentes en el licor de lavado. Los sedimentadores convencionales, con tiempos de residencia de 4-6 horas, separan los lodos de sulfitos/sulfatos, mientras que los filtros prensa de membranas (ej. equipos Andritz) alcanzan contenidos de humedad inferiores al 30% en los tortas de filtrado, facilitando su transporte y comercialización. En la mina Las Bambas, este sistema procesa 500 $\text{m}^3/\text{día}$ de efluentes, recuperando 20 ton/día de Na_2SO_3 grado técnico para la industria papelera. (Cadena, 2020)

Las fuentes producen resultados sólidos en aplicaciones reales, tales como son la planta de preparación de carbón en Shanxi ubicada en China, la concentración de polvo total se redujo en menos del $8.1\text{mg}/\text{m}^3$ y el polvo respirable se redujo en menos del $5.9\text{mg}/\text{m}^3$ tras la implementación de torres de absorción, demostrando así la eficiencia de práctica de esta tecnología. Además se han desarrollado métodos innovadores para la remoción de polvo en minas subterráneas mediante sistemas de absorción con películas de agua, que también han demostrado alta eficiencia. (Cabrera y otros, 2024).

El establecimiento de tecnologías para el tratamiento de emisiones gaseosas en el sector minero presenta notables diferencias entre naciones, determinadas por factores regulatorios, desarrollo tecnológico y particularidades geológicas. En el caso de Canadá, reconocido por sus prácticas mineras sustentables,



predominan sistemas sofisticados como Cansolv® (desarrollado por Shell), que integran procesos de absorción con compuestos aminados reciclables junto con recuperación de azufre puro, obteniendo índices de efectividad del 98% para SO₂. Aunque este método implica costos elevados (aproximadamente 300 dólares por tonelada de SO₂ procesado), resulta viable debido al estricto marco legal que establece límites máximos de 15 µg/m³ para estas emisiones. (Hidalgo, 2014)

En Chile, principal exportador mundial de cobre, se han adoptado principalmente columnas de relleno operadas con hidróxido de sodio en complejos mineros de gran escala como Escondida y Collahuasi, consiguiendo porcentajes de reducción entre 90-92%. La incorporación de sistemas combinados (absorbentes químicos junto con oxidación catalítica) ha facilitado el cumplimiento del decreto DS N°38 que fija un tope de 20 µg/m³ para concentraciones de SO₂ (Ministerio del medio ambiente, 2019).

El panorama en China, donde predomina la extracción de carbón, se caracteriza por el uso predominante de depuradores venturi con soluciones de piedra caliza, alternativa económica (alrededor de 50 dólares por tonelada) aunque con eficiencias más modestas (80-85%) según datos del Ministerio de Ecología y Medio Ambiente . Estas instalaciones se complementan con precipitadores electrostáticos para material particulado, en concordancia con la iniciativa "Cielo Azul" que pretende disminuir las emisiones contaminantes en un 40% para el año 2025. (Codelco, 2025)

Como contrapunto tecnológico, Australia se destaca por sus avances en el empleo de líquidos iónicos (proyecto liderado por CSIRO), los cuales permiten reutilizar los agentes absorbentes hasta 100 veces sin merma significativa en su capacidad de captura . Esta innovación, implementada en yacimientos de hierro de la región de Pilbara, representa un ahorro operativo del 35% comparado con métodos convencionales. (Mongabay, 2024)

En Perú, donde coexisten operaciones mineras de diversa envergadura, se observa una marcada heterogeneidad tecnológica: mientras complejos como Antamina y Cerro Verde emplean sistemas de alta eficiencia (columnas de relleno combinadas con peróxido de hidrógeno para NO_x), las explotaciones menores todavía utilizan equipos básicos con rendimientos que no superan el 70%. Esta divergencia pone en evidencia las dificultades relacionadas con el acceso a financiamiento y la disponibilidad de conocimiento técnico especializado. (Wei, 2019)

Entre las variables del proceso se encuentra la presión de esta dependera la mejora de los equipos pues



estos operan mejor a presiones atmosféricas elevadas, esto se relaciona con la ley establecida por Henry donde se establece que la solubilidad de los líquidos aumentara junto con la presión atmosférica (Iliuta & Larachi, 2019). La literatura destaca la importancia de optimizar el diseño de estos sistemas, incluyendo el caudal de agua y la configuración de los asperores, para maximizar la captura de contaminantes, así mismo se subraya la necesidad de adaptar estas tecnologías a condiciones específicas de cada operación minera para la garantía de efectividad y cumplimiento normativo (Aduvire, 2006)

CONCLUSIONES

El análisis detallado de la aplicación del proceso de absorción gaseosa en el lavado de gases contaminantes en minas demuestra que esta tecnología, lejos de ser una solución estática, ha evolucionado significativamente en los últimos años. Los resultados revisados y las experiencias industriales recientes evidencian que la absorción gaseosa no solo es eficaz para la remoción de compuestos nocivos como SO_2 , NO_x y CO , sino que, gracias a la integración con sistemas avanzados de recuperación de metales y tecnologías de membranas, se ha transformado en una herramienta multifuncional que aporta tanto a la descontaminación ambiental como a la valorización de residuos.

La implementación de torres de absorción en configuración contracorriente, el uso de empaques estructurados y la selección adecuada de reactivos (como hidróxido de sodio, cal y peróxido de hidrógeno) permiten alcanzar eficiencias superiores al 90% en la captura de gases ácidos, adaptándose a las particularidades de cada operación minera. La tendencia actual hacia la economía circular se refleja en la recuperación de metales valiosos desde las corrientes líquidas de lavado, lo que reduce la generación de residuos y aporta valor económico adicional al proceso minero. Ejemplos como la recuperación de cobre mediante tecnologías híbridas en Chile, Perú y España muestran el potencial de la absorción gaseosa como parte integral de sistemas de tratamiento de aguas y gases, alineados con los estándares internacionales de sostenibilidad y responsabilidad ambiental .

A nivel internacional, la comparación revela que las minas de países desarrollados han avanzado hacia la integración de tecnologías híbridas combinando absorción, filtración por membranas y procesos electroquímicos, logrando no solo cumplir con normativas ambientales cada vez más estrictas, sino también optimizar el uso de recursos y reducir costos operativos. En contraste, en regiones en desarrollo,

la prioridad sigue siendo la adaptación y optimización de los sistemas tradicionales, con un enfoque en la capacitación técnica y el fortalecimiento de la gestión ambiental.

El proceso de absorción gaseosa, además, ha demostrado ser adaptable a diferentes escalas y tipos de minería, desde operaciones de carbón donde se requiere la remoción simultánea de partículas y gases, hasta minería metálica con altas cargas de SO₂ y metales pesados. La flexibilidad en el diseño de torres (relleno, platos, Venturi) y la capacidad de ajustar variables operativas como el pH, la relación líquido/gas y el tiempo de contacto, permiten personalizar el sistema para maximizar la eficiencia en cada contexto específico.

Finalmente, la integración de la absorción gaseosa con sistemas de monitoreo en tiempo real, la automatización de procesos y el desarrollo de nuevos materiales absorbentes, posicionan a esta tecnología como una de las más prometedoras para enfrentar los retos ambientales de la minería moderna. Su capacidad para contribuir a la reducción de emisiones, la recuperación de recursos y la protección de la salud ocupacional, la convierten en una pieza clave para el desarrollo sostenible del sector minero. Por tanto, se recomienda continuar invirtiendo en investigación, innovación y transferencia tecnológica para maximizar los beneficios de la absorción gaseosa y asegurar su viabilidad técnica, económica y ambiental en el largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aduvire, O. (2006). Drenaje ácido de mina. Tratamiento de Aguas Ácidas de Mina. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España .

Apaza, L. (2017). TRATAMIENTO DE LOS GASES ÁCIDOS EN EL LABORATORIO QUÍMICO DE LA UNIDAD MINERA ARCATA. (U. N. Arequipa, Ed.) Tesis de grado:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2842>

Aunan, K., Fang, Jinghua, Vennemo, H., Oye, K., & Seip, H. (2004). Co-benefits of climate policy— lessons learned from a study in Shanxi, China. *Energy Policy*, 32(4), 567 - 581.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00156-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00156-3)

Cabrera, W., Espinoza, M., Lazo, D., Ulloa, A., & Leon, W. (2024). LA APLICABILIDAD DE LAS TORRES DE ABSORCIÓN DE GASES EN EL CONTROL DE EMISIONES



- INDUSTRIALES: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(3), 8712 - 8737. https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i3.12033
- Cadena, J. (2020). Límites Permisible Ambiental del Ecuador y otras Normas Internacionales. Mexico: ULEAM.
- Castro, Y. (2018). Optimization of the auxiliary ventilation system, based on experiments executed on a ventilation test bench for mines. DYNA, 85(207), 208 - 213. <https://doi.org/http://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.64255>
- Cheremisinoff, N. (2015). HANDBOOK OF AIR POLLUTION PREVENTION AND CONTROL. New York: BUTTERWORTH HEINEMANN.
- Codelco. (2025). En Chile, avanza la alianza Codelco-SQM para ampliar producción de litio en el Salar de Atacama. Chile: CCHEN.
- Hidalgo, J. L. (2014). DESULFURACIÓN DE LOS GASES DE. Córdoba: Adworks.
- Iliuta, I., & Larachi, F. (2019). Modeling and Simulations of NOx and SO2 Seawater Scrubbing in Packed-Bed Columns for Marine Applications. Catalysts, 9(6), 489. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/catal9060489>
- IQR. (17 de Julio de 2023). Torres de absorción: Guía práctica para ingenieros químicos. Fenómenos de transporte: <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2023/07/torres-de-absrocion-guia-ingenieros-quimicos.html>
- León, W., Castillo, J., Cuenca, A., Figueroa, L., & Suquilanda, J. (30 de 12 de 2024). Optimización de los Procesos de Lixiviación para Maximizar la Adsorción de Oro en el Carbón Activado y Minimizar su Pérdida en los Relaves. Multidisciplinary Latin American Journal, 2(3), 208-220. <https://doi.org/https://doi.org/10.62131/MLAJ-V2-N3-013>
- Marquez, M., & Adulvire, E. (31 de 05 de 2024). Optimización en el tratamiento de efluentes ácidos de una compañía minera y cumplimiento de límites máximos permisibles. Revista de Medio Ambiente y Minería, 9(1), 13 - 24.
- Ministerio del medio ambiente. (2019). Aprueba anteproyecto de revisión de la norma de emisión aplicable a vehículos motorizados medianos. República: Adventure.



- Mongabay, L. (2024). Tres claves para entender cómo un proyecto de extracción de cobre avanza a pesar de demandas e impactos ambientales en Chile. Mexico: Adworks.
- Porta, D. (2018). Gestión de la contaminación ambiental mediante técnicas de minería de datos. Revista Cubana de Meteorología, 24(2018), 349 - 355.
<http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/440/598>
- Quinde, A. (06 de 2019). Aplicación de una torre empacada como purificador de gases de chimenea en la industria minera de El Oro, cantón Ponce Enríquez, Ecuador. Revista Científica y Tecnológica UPSE, 5(2), 30 - 36. <https://doi.org/https://doi.org/10.26423/rctu.v5i2.345>
- Rueda, F. (2018). Diseño de la columna de absorción y sus auxiliares en una planta de desulfuración de gases de combustión. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Torres, F., & Murcia, D. (2021). Riesgo por exposición a agentes químicos y atmósferas explosivas en minas de carbón de Tópaga, Colombia . Ciencia y Tecnologia , 17(2), 292 - 304.
<https://doi.org/https://doi.org10.18041/1900-3803/entramado.2.710>
- Unknown. (23 de 01 de 2017). COLUMNA DE PLATOS BORBOTEADORES. Aparatos Tecnicos e instrumentacion : <https://aparatos tecnicos.blogspot.com/search?q=platos>
- Verlek. (01 de 12 de 2017). Sistemas de control emisiones calderas. LAVADOR DE GASES TIPO VENTURI : <https://verlek.com/2017/12/01/sistemas-control-emisiones/>
- Wei, J. (2019). Ground-level gaseous pollutants (NO₂, SO₂, and CO) in China: daily seamless mapping and spatiotemporal variations. Mexico: Adworks.

