

Biogás: Una Fuente de Energía Sostenible para un Futuro Más Verde

Biogas: A Sustainable Energy Source for a Greener Future

Luis Carlos Morocho Rosero

Productor y distribuidor de energía de biogás – Prodeval. Châteauneuf-sur-Isère, Francia

Corresponding author: luis.morocho@prodeval.com

Vol. 02, Issue 02 (2023): December

Special Issue:

Energy efficiency and sustainability

DOI:

<https://doi.org/10.53591/easi.v2i2.2563>

ISSN 2953-6634

Submitted: December 4, 2023

Revised: December 22, 2023

Accepted: December 22, 2023

Engineering and Applied

Sciences in Industry

University of Guayaquil. Ecuador

Frequency/Year: 2

Web:

revistas.ug.edu.ec/index.php/easi

Email:

easi-publication.industrial@ug.edu.ec

How to cite this article:

Morocho, L. (2023). Biogás: Una Fuente de

Energía Sostenible para un Futuro Más

Verde. *EASI: Engineering and Applied*

Sciences in Industry, 2(2), 6-10.

<https://doi.org/10.53591/easi.v2i2.2563>

Articles in journal repositories are freely open in digital form. Authors can reproduce and distribute the work on any non-commercial site and grant the journal the right of first publication with the work simultaneously licensed under a CC BY-NC-ND 4.0.

En este documento, se explora a fondo el potencial del biogás y el biometano como fuentes de energía renovable y limpia en un mundo preocupado por las preocupaciones medioambientales y la necesidad urgente de transitar hacia fuentes energéticas sostenibles. El ensayo comienza analizando el origen histórico del biogás, destacando su evolución desde civilizaciones antiguas hasta su desarrollo moderno como una fuente de energía alternativa vital durante la crisis energética de la década de 1970. Se examina en detalle el proceso de producción del biogás, desde la recolección del material de partida hasta la purificación del gas para diversas aplicaciones, incluyendo la generación de electricidad y el uso como combustible para vehículos limpios.

El enfoque se centra también en la producción del biometano, un gas renovable compuesto principalmente por metano, y su papel esencial en la transición hacia una economía más limpia. Se detallan las etapas fundamentales del proceso de producción del biometano, incluyendo la captura del biogás, la desulfurización para eliminar impurezas como el sulfuro de hidrógeno, y la purificación del biogás a través de tecnologías como la absorción y las membranas de separación. Se destaca la importancia de la recuperación y liquefacción del dióxido de carbono (CO₂) en la producción de biometano, presentando sus diversas aplicaciones beneficiosas, como su almacenamiento y transporte, su venta en mercados industriales y su contribución a la reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero al evitar su liberación a la atmósfera.

En última instancia, este ensayo subraya la necesidad de invertir en tecnologías innovadoras y sostenibles para producir, purificar y utilizar tanto el biogás como el biometano. Estas prácticas no solo contribuyen significativamente a la mitigación del cambio climático, sino que también proporcionan una hoja de ruta clara hacia una economía más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. La adopción de estas tecnologías representa un paso vital hacia un futuro más limpio, donde la energía se produce y utiliza de manera eficiente, protegiendo así nuestro valioso entorno natural.

En una época marcada por las preocupaciones medioambientales y la necesidad apremiante de hacer la transición hacia fuentes de energía sostenibles, el biogás emerge como una solución prometedora. El biogás, una fuente de energía renovable y limpia, se produce mediante la digestión anaeróbica de materiales orgánicos, como residuos agrícolas, restos de comida y aguas residuales. Ofrece numerosos beneficios, que incluyen la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la gestión de residuos y el suministro de una fuente de energía confiable. Este ensayo explora los orígenes del biogás, su proceso de producción, sus ventajas medioambientales y sus posibles aplicaciones, resaltando su importancia en el camino hacia un futuro más sostenible.

El concepto del biogás no es nuevo; sus orígenes se remontan a tiempos antiguos. El biogás es esencialmente una mezcla de metano y dióxido de carbono, ambos subproductos del proceso de digestión anaeróbica. Civilizaciones antiguas descubrieron el potencial de este proceso cuando observaron la liberación de gases burbujeantes en estanques y pantanos estancados. A menudo se atribuye a los chinos el primer uso documentado del biogás, que data de la dinastía Han (202 a.C. - 220 d.C.). Recogían gas de los residuos orgánicos en pozos y lo utilizaban para calefacción y cocina.

Sin embargo, el desarrollo moderno y la aplicación del biogás ganaron impulso durante el siglo XX. En la década de 1970, la crisis energética y las crecientes preocupaciones medioambientales avivaron un renovado interés en la utilización del biogás como una fuente de energía alternativa. Hoy en día, la producción de biogás ha evolucionado en un proceso sofisticado y sostenible, convirtiéndolo en una opción viable para reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles. (Scarlat, N., et al., 2018; Kougias, P. G., & Angelidaki, I., 2018)

Proceso de producción de Biogás

La producción de biogás implica una serie de reacciones biológicas y químicas. El material de partida principal para la generación de biogás incluye materiales orgánicos como residuos agrícolas, estiércol animal, restos de comida y lodos de depuradora (Weiland, P., 2010). Los pasos clave en el proceso de producción son los siguientes (Fig. 1):

- *Recolección del Material de Partida:* Los materiales orgánicos son recogidos y transportados a una planta de biogás.
- *Digestión Anaeróbica:* En el interior de la planta de biogás, el material de partida se somete a una digestión anaeróbica, un proceso biológico que ocurre en ausencia de oxígeno. Microorganismos, como bacterias y arqueas, descomponen la materia orgánica en compuestos más simples, liberando metano y dióxido de carbono como subproductos.
- *Captura y Almacenamiento del Gas:* El biogás producido se recoge y almacena en tanques de almacenamiento de gas, donde se puede guardar para su uso futuro o distribución.
- *Purificación del Gas:* Para eliminar impurezas y aumentar el contenido de metano, el biogás a menudo se somete a procesos de purificación. Este biogás purificado puede usarse directamente para diversas aplicaciones.
- *Utilización:* El biogás purificado puede utilizarse para una amplia gama de aplicaciones, que incluyen la generación de electricidad, calefacción, cocción y como combustible para vehículos.

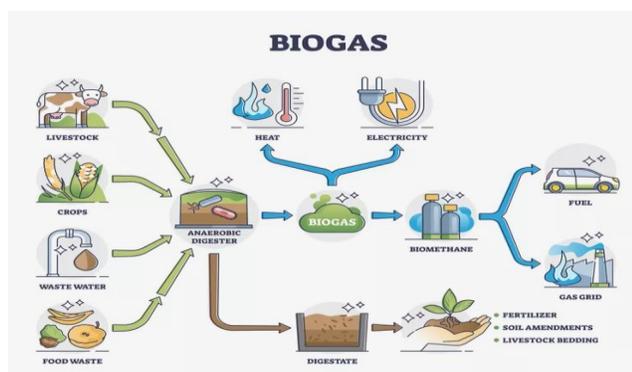


Figura 1. Generación, producción y uso del biogás.

Fuente: <https://www.treehugger.com/what-is-biogas-6828434>

Proceso de producción de Biometano

El biometano, también conocido como gas natural renovable o *biomethane*, es un tipo de biogás purificado compuesto principalmente por metano (CH_4). El proceso de producción de biometano implica una serie de etapas clave que se realizan para purificar el biogás y hacerlo apto para su uso en aplicaciones como la inyección en la red de gas natural, la generación de electricidad o como combustible para vehículos. A continuación, se detalla el proceso de producción de biometano en sus etapas fundamentales. (Ryckebosch, E., et al. 2011; Adnan, A. I., et al., 2019)

- *Captura del Biogás:* Una vez que se ha producido el biogás en el digestor anaeróbico, se recoge y se transporta a través de tuberías para su posterior procesamiento. El biogás es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros compuestos, y su calidad varía según la fuente de materia orgánica y las condiciones del proceso de digestión anaeróbica.
- *Desulfurización:* El biogás a menudo contiene trazas de compuestos de azufre, que pueden ser perjudiciales para la infraestructura de distribución de gas y dañinos para el medio ambiente. Para eliminar estos compuestos, se lleva a cabo un proceso de desulfurización. En este proceso, el biogás se hace pasar a través de un filtro o sistema de absorción que retiene los compuestos de azufre. Como resultado, se obtiene un biogás más limpio y apto para la etapa de purificación.

- *Purificación del Biogás*: La purificación del biogás es una etapa crítica en la producción de biometano. El objetivo es separar el metano del dióxido de carbono y otros gases presentes en la mezcla. Existen varios métodos para llevar a cabo esta separación, siendo el más común el proceso de absorción con solventes o la tecnología de membranas de permeación. En el proceso de absorción, un solvente se utiliza para absorber el CO₂ y otros gases, dejando el metano como producto final. Posteriormente, el solvente se regenera para su reutilización. La tecnología de membranas utiliza membranas selectivas que permiten que el metano pase a través de ellas, mientras que los otros gases son retenidos. (Couturier, Ch., 2019)
- *Compresión*: Una vez purificado, el biometano es comprimido para aumentar su presión y densidad. La compresión es necesaria para facilitar su almacenamiento y transporte. El biometano comprimido se almacena en cilindros o tanques a alta presión y se prepara para su distribución y uso en aplicaciones específicas.
- *Inyección en la Red de Gas Natural*: Una de las aplicaciones más comunes del biometano es su inyección en la red de gas natural. El biometano purificado se mezcla con el gas natural convencional y se inyecta directamente en la red de gas natural. Esta mezcla es completamente intercambiable con el gas natural y se distribuye a los consumidores finales. Inyectar biometano en la red de gas natural es una forma efectiva de utilizar fuentes renovables de energía y reducir las emisiones de carbono.

Valorización del biogás

La purificación del biogás es un proceso fundamental en la producción de biometano y en la mejora de la calidad del biogás generado a partir de materiales orgánicos. El biogás, compuesto principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), suele contener impurezas no deseadas, como sulfuros, humedad y otros compuestos que limitan su aplicabilidad y calidad. La purificación del biogás implica una serie de técnicas y procesos diseñados para eliminar estas impurezas y transformar el biogás en un producto limpio y apto para su uso en diversas aplicaciones, los procesos más importantes son la *Desulfurización* y la *Purificación del biogás*.

Desulfurización con el uso de carbón activo

El uso de carbón activado en la remoción de sulfuros del biogás es una técnica efectiva y ampliamente empleada en la producción de biogás y biometano. Los sulfuros, en particular el sulfuro de hidrógeno (H₂S), son compuestos indeseables en el biogás debido a su olor desagradable, corrosión de equipos y la toxicidad que presentan.

El carbón activado es un material poroso con una alta capacidad de adsorción, lo que lo convierte en una solución efectiva para eliminar el H₂S del biogás. El proceso de remoción se basa en la afinidad del carbón activado por los compuestos de azufre. A medida que el biogás fluye a través de una columna de carbón activado, el H₂S se adhiere a la superficie del material, lo que resulta en una reducción significativa de los niveles de sulfuro en el biogás tratado.

Este método ofrece ventajas importantes, incluyendo la simplicidad y eficiencia de la remoción de H₂S, la capacidad de regenerar y reutilizar el carbón activado, y la posibilidad de aplicarlo en una variedad de escalas, desde instalaciones de pequeña a gran envergadura. La regeneración del carbón activado generalmente implica el lavado y la exposición a aire o vapor, lo que libera el H₂S adsorbido y restaura la capacidad de adsorción del material.

Purificación del biogás con el uso de separación con membranas

La utilización de membranas para la separación del metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) del biogás es una técnica eficiente y respetuosa con el medio ambiente que ha ganado relevancia en la producción de biometano y en la purificación del biogás.

Estas membranas de separación son selectivas y permiten que el metano pase a través de ellas, mientras retienen el dióxido de carbono y otros gases no deseados. El proceso de separación se basa en la diferencia en las velocidades de difusión de los componentes gaseosos a través de la membrana, donde el metano tiene una mayor velocidad de difusión que el CO₂.

Las ventajas de utilizar membranas para la separación del metano incluyen la simplicidad del proceso, la eficiencia en la eliminación del CO₂ y la posibilidad de operar a temperaturas y presiones moderadas. Además, las membranas tienen una larga vida útil y requieren un mantenimiento mínimo.

Este enfoque es especialmente valioso en la producción de biometano de alta calidad, donde se busca reducir las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. El biometano purificado puede inyectarse en

la red de gas natural, utilizarse como combustible para vehículos de transporte limpio o generarse electricidad con bajo impacto ambiental. (Scholz, M., et al. 2013; Ondrey, G., 2012)

Recuperación de CO₂

La recuperación y licuefacción de dióxido de carbono (CO₂) en el proceso de producción de biometano es un aspecto fundamental para maximizar la eficiencia y sostenibilidad de la producción de biogás y biometano. A medida que el mundo se enfoca en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la transición hacia una economía más limpia, la captura y utilización de CO₂ es esencial para hacer que el proceso de producción de biometano sea aún más amigable con el medio ambiente. (Alabdulkarem, A., et al., 2012)

El CO₂ es uno de los principales componentes no deseados del biogás, junto con el metano (CH₄). Aunque el metano es el gas deseado en la producción de biometano debido a su valor como combustible limpio, el CO₂ debe ser eliminado o recuperado para cumplir con las normativas ambientales y maximizar el valor del biometano producido. (Deng, H., et al. 2019)

La recuperación y licuefacción de CO₂ implica varios pasos clave:

- **Captura de CO₂:** En la etapa de purificación del biogás, se separa el CO₂ del metano. Esto se logra utilizando tecnologías de absorción, adsorción o membranas de separación. La captura selectiva del CO₂ permite su aislamiento para su posterior procesamiento.
- **Compresión:** Una vez capturado, el CO₂ se comprime para aumentar su densidad y facilitar su manejo. La compresión es necesaria para reducir el volumen del CO₂ y permitir su transporte eficiente.
- **Enfriamiento y Licuefacción:** El CO₂ comprimido se enfría hasta alcanzar temperaturas muy bajas para su licuefacción. El CO₂ se convierte en un líquido a aproximadamente -78.5 °C (-109.3 °F) a presión atmosférica. La licuefacción facilita aún más su almacenamiento y transporte.

La recuperación y licuefacción de CO₂ no solo contribuye a la eliminación de un gas de efecto invernadero significativo, sino que también ofrece diversas aplicaciones beneficiosas, como su almacenamiento y transporte en tanques para su uso en aplicaciones industriales, su venta en mercados donde se demanda CO₂ líquido, como la industria alimentaria, bebidas carbonatadas, refrigeración y aplicaciones médicas, y su contribución a la reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero al evitar que el CO₂ se libere a la atmósfera. Esta estrategia es fundamental para abordar el cambio climático y avanzar hacia una economía más sostenible.

Es importante destacar que la recuperación y licuefacción de CO₂ requiere inversiones en infraestructura y tecnología, pero puede proporcionar beneficios económicos y medioambientales significativos a largo plazo. Además, esta práctica es coherente con los esfuerzos para abordar el cambio climático y avanzar hacia una economía más sostenible.

Aspectos importantes

En este documento, hemos explorado varios aspectos fundamentales relacionados con el biogás y el biometano, así como su producción y purificación. Hemos analizado la importancia de estas fuentes de energía renovable y sus beneficios medioambientales, desde la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero hasta la gestión de residuos orgánicos. También se discutieron técnicas clave, como el uso de membranas y la recuperación de CO₂ en la producción de biometano, que contribuyen a hacer que el proceso sea aún más sostenible.

La producción y purificación de biogás y biometano se encuentran en la vanguardia de la transición hacia una economía más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Estas tecnologías ofrecen soluciones versátiles y eficientes para abordar desafíos ambientales y energéticos, y tienen el potencial de reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, además de mitigar el cambio climático.

La recuperación y licuefacción de CO₂ en el proceso de producción de biometano es una estrategia clave para maximizar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción de biogás y biometano. No solo permite el cumplimiento de normativas y la mejora de la calidad del biometano, sino que también ofrece oportunidades para su uso en diversas aplicaciones y contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en línea con los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

A medida que continuamos avanzando hacia un futuro más limpio y sostenible, la inversión en la producción de biogás y biometano, junto con técnicas innovadoras de purificación y captura de CO₂, se vuelve esencial para lograr nuestros objetivos de reducción de emisiones y una matriz energética más diversificada. La adopción de estas

tecnologías representa un paso significativo en la dirección de un mundo más verde y sostenible, donde los recursos naturales se utilizan de manera más eficiente y se protege el medio ambiente.

REFERENCIAS

- Scarlat, N., Dallemand, J. F., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable energy*, 129, 457-472. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
- Kougias, P. G., & Angelidaki, I. (2018). Biogas and its opportunities—A review. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 12(3), 1-12. DOI: 10.1007/s11783-018-1037-8
- Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Appl Microbiol Biotechnol.* 85, 849–860. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7>.
- Ryckebosch, E., Drouillon, M., & Vervaeren, H. (2011). Techniques for transformation of biogas to biomethane. *Biomass and bioenergy*, 35(5), 1633-1645. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.033>
- Adnan, A. I., Ong, M. Y., Nomanbhay, S., Chew, K. W., & Show, P. L. (2019). Technologies for biogas upgrading to biomethane: A review. *Bioengineering*, 6(4), 92. DOI: 10.3390/bioengineering6040092.
- Scholz, M., Melin, T., & Wessling, M. (2013). Transforming biogas into biomethane using membrane technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 17, 199-212. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.08.009>
- Ondrey, G. (2012). THE BIOGAS BOOM. *Chemical Engineering*, 119(7), 15. Disponible en: <https://www.chemengonline.com/the-biogas-boom/>
- Alabdulkarem, A., Hwang, Y., & Radermacher, R. (2012). Development of CO₂ liquefaction cycles for CO₂ sequestration. *Applied Thermal Engineering*, 33, 144-156. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2011.09.027
- Deng, H., Roussanaly, S., & Skaugen, G. (2019). Techno-economic analyses of CO₂ liquefaction: Impact of product pressure and impurities. *International Journal of Refrigeration*, 103, 301-315. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.04.011>
- Couturier, Ch. (Jan 15, 2009) Techniques of power production from biogas and syngas. Extended abstract; Techniques de production d'électricité a partir de biogaz et de gaz de synthèse. Rapport final + synthèse. France. Disponible en: <https://www.osti.gov/etdweb/biblio/22535416>