

SISTEMA DE COMPRESIÓN DE BIOGÁS

J. Souza¹, W. H. D. Luna¹, L. Schaeffer²

Pos-Graduación en Ingeniería de Minas, Metalúrgica y Materiales – PPGE3M – Centro de Tecnología – Laboratório de Transformación Mecánica (LdTM) – Universidad Federal de Rio Grande do Sul – Fone 55 51 33089437 – Av. Bento Gonçalves, 9500 – Bairro Agronomia – Porto Alegre – RS – CEP 91501970.
E-mails: josesouza@liberato.com.br, harold.luna@ufrgs.br, schaeffer@ufrgs.br

Recibido: 22-03-12; Aceptado:02-05-12.

RESUMEN.- Este trabajo presenta una investigación relacionada a un sistema de compresión para biogás en una escala piloto, buscando facilitar la utilización y comercialización de este biocombustible, en ese sentido es contemplado el tratamiento, filtración y compresión. El proceso investigado viabiliza el almacenamiento, transporte y la comercialización del biogás. Sin un sistema de compresión la utilización del biogás es restringida al local donde se produce; ya el biogás filtrado y comprimido tiene diversas aplicaciones como en la industria, residencias, vehículos automotores, entre otros casos. El sistema es compuesto por la sección de filtración, reducción de gases no combustibles (como dióxido de carbono) y la sección de compresión para ser envasado en cilindros. El proceso utiliza el propio biogás como combustible en motores y equipos. Fueron establecidos diferentes niveles de presiones para utilización en diversas aplicaciones. En el experimento fueron obtenidos datos sobre compresión, flujo y composición del biogás.

Palabras claves: Biogás, Compresión de biogás, Filtraje de biogás, Biocombustibles.

BIOGAS COMPRESSION SYSTEM

ABSTRACT.- This work presents research involving a pilot scale biogas compression system. In an attempt to make it easier to use and commercialize this biofuel, the study looks at its treatment, filtration and compression. The process studied enables storage, transport and sale of biogas. Without a compression system, the use of biogas is restricted to the production site. On the other hand, when biogas is filtered and compressed there are several different applications in homes, industry, automotive vehicles, and other cases. The system is composed of a sector for filtration, reduction of noncombustible gases such as carbon dioxide and a compression sector for filling cylinders. The process uses biogas itself as fuel for motors and equipment. Different levels of pressure were established to use in various applications. In the experiment, data on compression, flow and composition of the biogas were obtained.

Keywords: Biogas, Biogas compression, filtration, Biofuels.

1. INTRODUCCIÓN

Los biocombustibles desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y en la búsqueda por sustentabilidad. Sectores económicos y energéticos en el mundo están concentrando inversiones en tecnologías para producción de biocombustibles. Muchos esfuerzos han sido colocados en el medio académico-científico para la generación de conocimiento y de nuevas tecnologías que promuevan las formas de energías limpias. El desarrollo de investigación aplicada es imprescindible para la utilización de estos recursos renovables. El biogás pertenece al grupo de combustibles de fuentes renovables, una vez que puede ser producido a partir de residuos.

Además de este aspecto, “limpio”, este gas puede ser obtenido a partir de materia orgánica con alta demanda química de oxígeno como alcantarillados y residuos orgánicos urbanos.

El biogás es un biocombustible que puede sustituir en parte a los combustibles fósiles, pues tiene gran potencial de producción y por tanto es necesario que se desarrollen tecnologías para su utilización eficiente (Handbook on Biogás Utilization, 1990). La filtración del biogás, reducción de gases no combustibles, transforma el mismo en biometano. Este posee contenidos de metano (CH₄) en torno a un 90%. El biometano puede sustituir el combustible vehicular GNV (Gas Natural Vehicular) sin perjudicar la potencia del vehículo y sin grandes modificaciones en los equipamientos. Podrá también ser utilizado en sistemas de refrigeración industrial, equipos de tratamiento térmico, estufas y/o hornos industriales, equipos de calefacción,

1. Doctorando en Ingeniería de Minas, Metalurgia y Materiales, UFRGS.
2. Profesor del Programa de Pos-graduación en Ingeniería de Minas, Metalurgia y Materiales, UFRGS.

climatización, como combustible agrícola, motores la combustión interna, turbinas, etc. Además de eso, podrá ser usado para la producción de hidrógeno (H₂) excelente recurso para células de combustible (Watanabe & Tadokoro, 2007).

Para el aumento de la eficiencia energética de la planta es importante que se utilice parte de este combustible como fuente de energía en el proceso. Para eso deben ser utilizados motores a biogás o biometano que puedan ser instalados en sistemas de baja presión y acoplados a los equipamientos. De esa forma se utiliza una pequeña parte del combustible lo que aporta al sistema un enorme diferencial.

Este artículo tiene como objetivo dimensionar y modelar una estación para compresión de biogás, analizar los procesos envueltos en la producción y evaluar un modelo de un sistema que utiliza el propio combustible como fuente de energía. Por fin fue verificado que para la construcción de un sistema económicamente viable es necesario considerar tecnologías existentes en el mercado.

2. DESENVOLVIMIENTO

Un factor a ser considerado en un sistema de compresión de biogás es la necesidad de usar el combustible para ser utilizado en motores de compresores, filtración, bombeamiento, iluminación, entre otros. Considerándose esta situación fue desarrollado un sistema de acoplamiento para el uso directo del biocombustible en la planta. En la figura 1 el esquema de utilización de un motor a biogás para el uso del compresor.

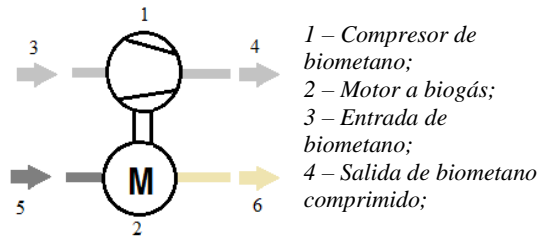


Fig. 1. Sistema compresor con motor a biogás.

Para el abastecimiento de energía de la planta fue configurado un sistema de generación de energía eléctrica con biogás para la implantación del control, iluminación y suministro de tensión monofásica 220 Volts 60 Hz. El generador podrá sustituir el abastecimiento de energía de la concesionaria conforme puede ser visto en la figura 2.

Además del generador fue propuesto el uso de motores a biogás para movimentación, bombeamiento, filtración y compresión. Así como los motores y bombas el generador de electricidad también utiliza este combustible. La compresión del biogás posibilita el almacenamiento en cilindros y la utilización en vehículos automotores; así, la mayoría de las aplicaciones donde es posible el uso del biogás para la utilización del mismo es necesario comprimirlo a bajas, medias y altas presiones que van de 30 a 240 bar (Rutz & Rainer, 2008).

2.1. Niveles de compresión y diferentes salidas.

El abastecimiento y utilización de biogás ocurren en diferentes niveles de presión. Por lo tanto las salidas de la

planta deben considerar los niveles de presión de modo que puedan proporcionar el uso directo, cargamento de cilindros o incluso la inyección en redes de gas. Fue configurado un sistema con abastecimiento de biogás y biometano con tres salidas, con presión variable de 4 a la 90 bar conforme puede ser visto en la figura 3.

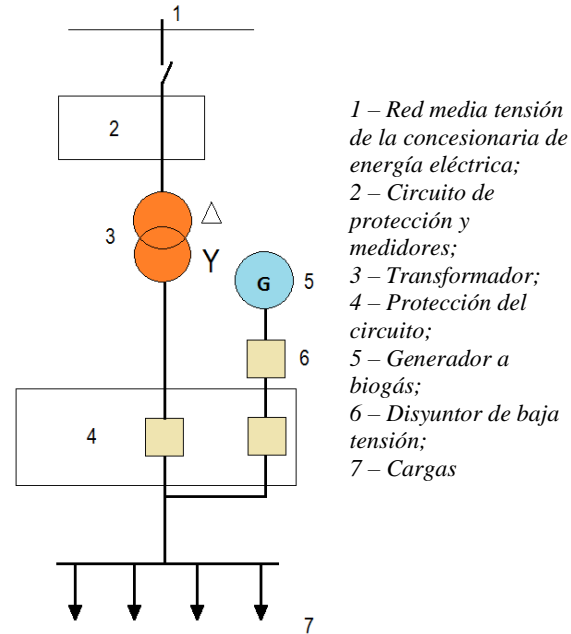


Fig. 2. Sistema de abastecimiento de energía eléctrica. Red/Generador a biogás en la caída tensión con protección directa.

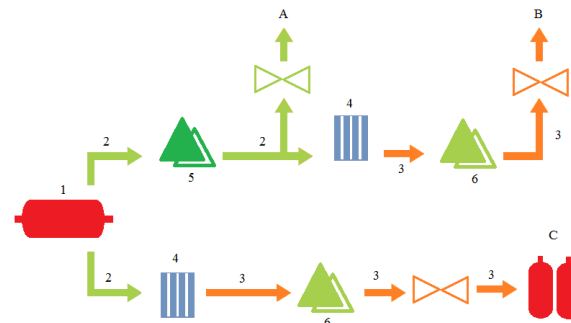


Fig. 3. Salidas y abastecimiento del gas. 1 – Entrada de biogás; 2 – Biogás; 3 – Biometano; 4 – Filtración; 5 – Compresor de biogás; 6 – Compresor de biometano; A – Salida del biogás de baja presión (4-10bar); B – Salida del biometano de media presión (10-40bar); C – Salida del biometano de media y alta presión (10-90bar).

2.2. Tratamiento y conversión de biogás en biometano.

La remoción de dióxido de carbono (CO₂) o de cualquier otro gas por absorción es una operación unitaria, en la cual un componente de una mezcla es disuelto en un líquido. La operación puede envolver reacciones químicas o ser esencialmente física. Entre los métodos químicos están: absorción en carbonato de potasio (K₂CO₃), hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), hidróxido de sodio (NaOH), (Magalhães et al., 2004). Las columnas de relleno son utilizadas en los procesos de separación de gases por absorción y son colocadas de forma a forzar el pasaje del gas. Es un

dispositivo relativamente simple, donde las columnas consisten en un casco cilíndrico, una placa perforada para soporte del relleno y distribución del disolvente. El funcionamiento de la columna generalmente es contracorriente, pues, el soluto (gas) entra en la parte inferior de la columna, mientras el disolvente entra en la parte superior, estableciendo un contacto líquido/gas en una dirección contracorriente (Horikawa, 2001).

En el proceso de purificación del biogás y conversión de este para biometano se retira el dióxido de carbono (CO₂) hasta que el porcentaje de metano quede próxima a del gas natural, para que pueda ser utilizado en los mismos usos finales. Existen diversos disolventes que pueden ser utilizados. Tratándose de solubilidad, el polietileno glicol (PEG) viene siendo utilizado debido a la alta solubilidad del dióxido de carbono y del ácido sulfídrico (H₂S), este último también presente en el biogás en bajas concentraciones (Magalhães, et al., 2004). La quema del biogás sin la filtración del ácido sulfídrico puede causar serios daños al medio ambiente. En la quema del biogás sin remoción del ácido sulfídrico ocurre la formación del dióxido de azufre (SO₂), causante de la lluvia ácida. La mayoría de los biodigestores produce un biogás que contiene entre 0,3 a un 3% de ácido sulfídrico que puede ser eliminado por un filtro compuesto de óxido de hierro (El'Brien, 1991). La filtración del ácido sulfídrico, entre otros componentes, es necesaria para la utilización eficiente, aumento del poder calorífico, concentración de metano y no agresión a las partes metálicas de motores y equipamientos de quema (Rutz & Rainer, 2007).

2.3. Almacenamiento.

Las formas más comunes de almacenamiento del gas a baja presión son las propias cámaras de biodigestión o gasómetros, globos de vinilo, polietileno de alta densidad (PEAD) y mantas encauchadas (Souza & Schaeffer, 2010);

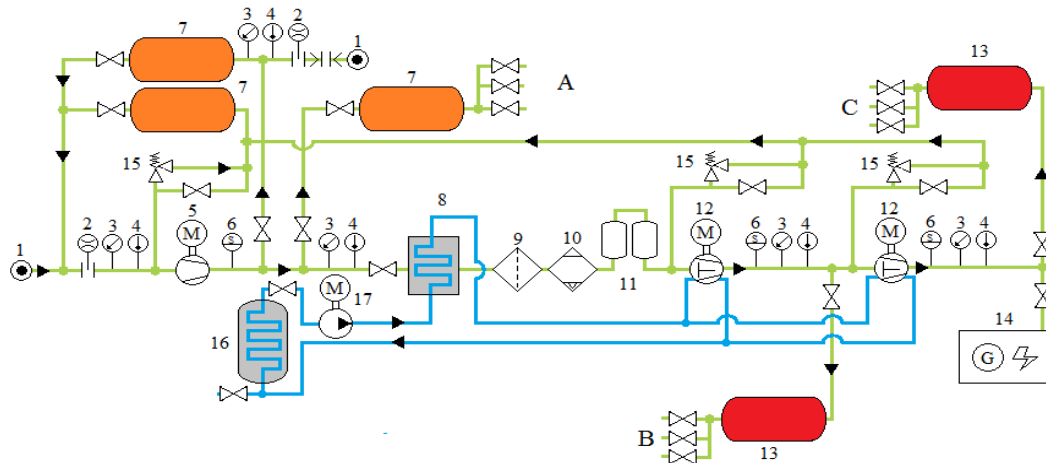


Fig. 4. Diagrama de la planta de compresión y tratamiento de biogás. 1 – Entrada de biogás en la planta; 2 – Medidor de flujo; 3 – Manómetro; 4 – Termómetro; 5 – Compresor de biogás; 6 – Sensor de presión; 7 – Reserva de biogás; 8 – Refrigerador; 9 – Filtro de H₂S; 10 – Secador; 11 – Filtro de CO₂; 12 – Compresor de biometano; 13 – Reserva de biometano; 14 – equipo generador a biometano; 15 – Válvula de alivio; 16 – Refrigeración del agua a biogás; 17 – Bomba de agua a biogás. A – Salida de biogás a baja presión (4-10bar); B – Salida de biometano a media presión (10-40bar); C – Salida de biometano a media y alta presión (10-90bar).

El biogás entra en el sistema de compresión y una pequeña parte es utilizada en motores, bombas y generadores de la planta. Con la filtración, la composición del biogás se altera habiendo a partir de entonces una mayor concentración de metano. Enseguida, esta nueva composición, ahora

denominada de biometano, pasa por el sistema de compresión lo que posibilita el llenado de los cilindros. También puede ser canalizado por ductos para puntos de almacenaje, o aún conducido a grandes distancias para abastecimiento de redes de gas natural. El biometano puede

2.4. Planta de compresión y tratamiento del biogás.

El biogás producido en un conjunto de biorreactores, después de una pre-compresión pasa por una filtración para reducción de gases no combustibles aumentando el potencial energético y transformando el biogás en biometano. Parte del biogás es utilizada por los motores en los compresores y bombas de los filtros. El biometano obtenido es entonces comprimido para ser almacenado en cilindros y/o utilizado en motores, turbinas y puede ser aún inyectado en gaseoductos. La preparación para el suministro de biogás/biometano consiste en 4 fases distintas que pueden ser verificadas en la figura 4:

- Recibimiento del biogás bruto de la fábrica o biorreactores, medición y control del volumen, presión y temperatura;
- Compresión del biogás y suministro a baja presión (4-10 bar);
- Producción de biometano: secado del biogás retirando el vapor de agua, filtración del ácido sulfídrico (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) y compresión para abastecimiento a media presión (10-40 bar);
- Generación de energía eléctrica con un equipo generador para abastecimiento de la planta y compresión del biometano para abastecimiento a alta presión (40-90 bar).

también ser almacenado en gasómetros mayores para transporte en camiones o trenes.

2.5. Composición del biogás utilizado

El biogás es una mezcla de metano y otros gases no combustibles, esta mezcla varía en su composición dependiendo de la materia-prima utilizada en su producción. Esa composición interfiere en el tratamiento y compresión debido al comportamiento diferenciado de los gases en su transformación. Para verificación, fue efectuado un análisis de laboratorio de diez muestras de biogás sin tratamiento. La composición varía conforme puede ser visto en la tabla 1. Las mediciones ocurrieron en intervalo de 24 horas en cargas diferentes. La media de la parte combustible del biogás es del 55,9%. Enseguida fueron efectuados análisis de la composición de ese gas filtrado, el biometano. El resultado puede ser visto en la tabla 2. La parte combustible del biometano es de 87,5%, en media 31,6% mayor que la del biogás.

Tabla 1 – Composición del gas antes del tratamiento.

Muestras	Composición del biogás en %			
	(CH ₄)	(CO ₂)	Otros Gases	Parte combustible
1	55	32	13	55
2	53	30	17	53
3	54	29	17	54
4	55	31	14	55
5	52	29	19	52
6	60	27	13	60
7	55	29	16	55
8	52	33	15	52
9	61	27	12	61
10	62	26	12	62

Tabla 2 – Composición del biogás después del tratamiento

Muestras	Composición del biometano %			
	(CH ₄)	(CO ₂)	Otros Gases	Parte combustible
1	89	2	9	89
2	86	4	10	86
3	85	7	8	85
4	84	5	11	84
5	84	4	12	84
6	90	2	8	90
7	88	1	11	88
8	88	0	12	88
9	93	0	7	93
10	88	4	8	88

2.6. Compresión del gas.

Utilizándose la muestra 3 del biogás con composición de 55%, 31% y 14%, metano, dióxido de carbono y otros gases, respectivamente, analizamos el primer compresor de baja presión donde el biogás es comprimido a 10 bar. En esta etapa el compresor utilizado proporciona un flujo de 120 L/min. El desempeño puede ser visto en la figura 5 .

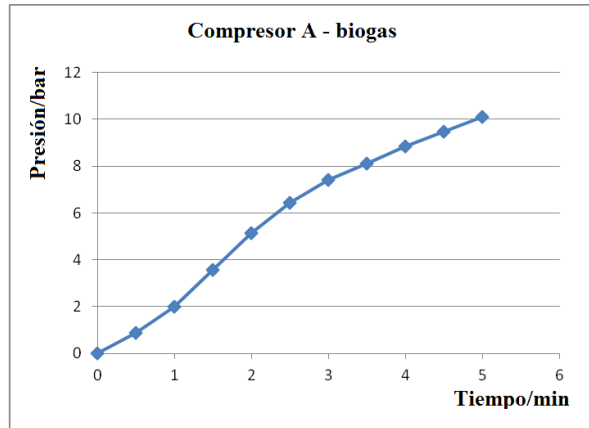


Fig. 5. Compresor A (Presión x Tiempo).

Después de la filtración, la presión de biometano es aumentada hasta 40 bar. En esta etapa el compresor suministra un flujo de 40 L/min. El desempeño de aplicabilidad puede ser visto en la figura 6.

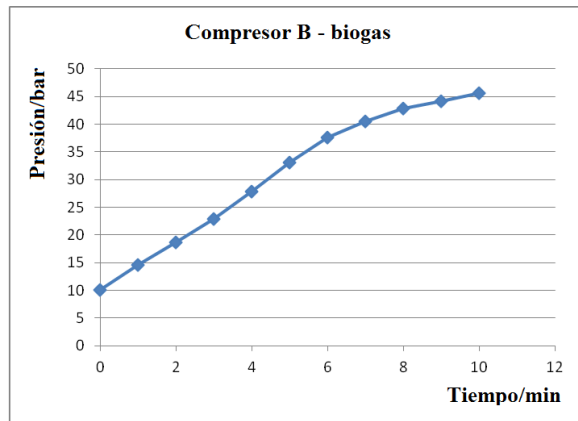


Fig. 6. Compresor B (Presión x Tiempo).

En el tercer compresor, para alta presión de biometano, el equipamiento suministra un flujo de 23 L/min a 90 bar y el desempeño puede ser visto en la figura 7.

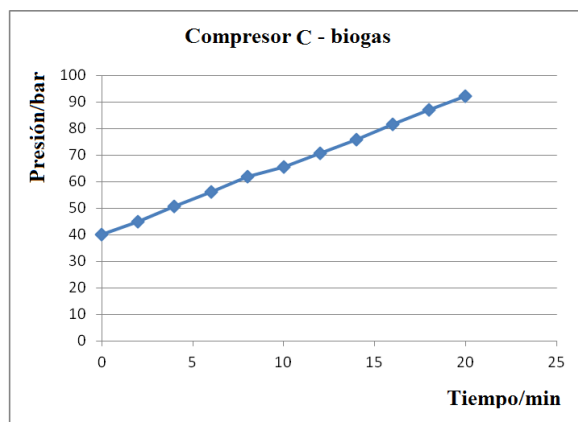


Fig. 7. Compresor B (Presión x Tiempo).

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La entrada del biogás en la planta ocurrió a través de globos con una presión media de 0,9 bar. Esos gasómetros ocasionaron cargas cíclicas y paradas para el cambio. En una aplicación industrial el biogás posiblemente llegará a través de cañerías desde el biodigestor o fábrica.

La compresión ocurrió en tres etapas. El biogás de los globos fue comprimido hasta 10 bar en el primer compresor, enseguida hasta 40 bar en el segundo compresor y por último hasta 90 bar en el tercer compresor. Las etapas viabilizan el suministro de diferentes presiones para aplicaciones diversas. Así mismo, las etapas del sistema permitieron un mejor control de presurización.

La composición del biometano mantuvo una concentración del metano por encima de un 84% lo que es satisfactorio para la utilización del gas en aplicaciones industriales. Con eso se evaluó que los filtros fueron suficientes para la reducción de la parte no combustible.

El gas comprimido fue utilizado para quema en dos fogones industriales y en los motores a biogás instalados en la planta.

4. CONCLUSIONES

Estaciones de compresión son instrumentos tecnológicos que viabilizan la utilización descentralizada del biogás/biometano.

Con la compresión del biocombustible se viabiliza el envase y transporte. Eso permite la utilización del biocombustible en lugares distantes de los centros de producción. Biorreactores y fábricas de biometano por sí sólo no viabilizan la utilización del gas en lugares alejados del local de producción. La compresión, así como el tratamiento del biometano es el primer paso para la ampliación de la utilización de este biocombustible y para la comercialización del mismo. Esta tecnología podrá contribuir en el aumento del consumo de biometano de forma a cooperar con acciones tomadas para el incremento de biocombustibles en la matriz energética latinoamericana.

REFERENCIAS

- Handbook on Biogás Utilization (1990) Published for U. S. Department of Energy Southeastern Regional Biomass Energy Program Tennessee Valley Authority Muscle Shoals, Alabama 35660 - Research institute Georgia institute of Technology Atlanta, Georgia 30332.
- Horikawa, M. S., Rossi, F., Gimenes, M. L., Costa, C. M. M., Silva, M. G. C. (2004). Chemical absorption of H₂S for biogas purification. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **21**, 3, 415 – 422.
- Horikawa, M. S. (2001) Purificação de biogas, Remoção de H₂S. Dissertação de Mestrado, PEQ, Universidade Estadual de Maringá.
- Magalhães, E. A., Souza, S. N. M., Afonso, A. D. L., Ricieri, R. P. (2004) Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO₂ contido no Biogas. *Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil*. Maringá, v. 26, no. 1, p. 11-19.
- O'Brien, M. (1991) Catalytic oxidation of Sulphides in Biogas, ventilation air and Wastewater streams from Anaerobic Digesters. *Proceedings Food Industry Environmental Conference*, USA.
- Rutz, D., & Rainer, J. (2007) *BioFuel Technology Handbook*. WIP Renewable Energies Sylvesterstr. 281369 München – Germany – February.
- Souza, J. (2010) Desenvolvimento de tecnologias para compressão de biogas. Dissertação de Mestrado, PPGE3M – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brasil.
- Souza, J. & Schaeffer, L. (2010) Estudo para fabricação de cilindros especiais para biometano. *Revista LIBERATO, Educação, Ciência e Tecnologia* – **11**, 15, 33-38, jan./jun.
- Watanabe, H. & Tadokoro, M. (2007) Study of a two-stage fermentation process producing hydrogen and methane from wheat bran. *Proceedings of the Annual Conference of The Japan Society of Waste Management Experts Hisanori Vol:18 Nr:SPACE* pág:169.