

## CONSTRUCCION DE UN BIODIGESTOR PEQUEÑO PARA SU USO EN INVESTIGACION Y DOCENCIA. PRIMEROS ENSAYOS

Martina P., Corace J., Aeberhard A., Aeberhard R.

Grupo de Investigación de Energías Renovables (GIDER)

Dpto. de Termodinámica – Fac. Ingeniería – Univ. Nacional del Nordeste

Av. Las Heras 750 – 3500 Resistencia, Chaco

pablo@ing.unne.edu.ar

**RESUMEN:** Se construyó un pequeño biodigestor económico para su uso en investigación y docencia. Consta en su parte superior de una boca de carga con tapa, un manómetro y una válvula para salida de gases. También se armó un sistema de almacenamiento del gas generado (gasómetro), mediante campana de vidrio y sello de agua. Se utilizó como materia prima residuos orgánicos de cocina y viruta de madera. En el primer ensayo, el proceso de digestión comenzó a los 4 días, lográndose un volumen considerable de gas. En el segundo ensayo, la viruta tardó 21 días en comenzar el proceso de fermentación, y los volúmenes de gases fueron menores. En ensayos posteriores se proseguirá con madera como fuente de generación de gases. Este trabajo también tiene como objetivo brindar a los alumnos posibilidades de tratar y experimentar con gases, sellos hidráulicos, aparato de Orsat, poder calorífico, etc.

**PALABRAS CLAVES:** biodigestor, energía renovable, metano, utilización de residuos, proceso anaeróbico, relación C/N

**ABSTRACT:** A small economic biodigester to be used in research and teaching was built. It consists of a charge hole with its cover, a blow-off valve and manometer on top. Besides, a storage system for generated gas (gasometer) by means a glass bowl and a water seal was built too. Kitchen trash and wood shaving as raw material were used. In the first test, the digestion process began after 4 days. A considerable volume of gas was obtained. In the second test, the wood shaving lasted 21 days to start the process of fermentation, and the volume of gas was fewer than first test. In further tests, wood as gas generator will go on. This work has also the purpose to offer the students possibilities of work and test gases, hydraulic seals, Orsat devices, calorific power, etc.

**KEY WORDS:** Biodigester, renewable energy, methane, trash use, anaerobic process, C/N rate

**ANTECEDENTES:** Los déficits y costos crecientes del abastecimiento de petróleo han impulsado a muchos países a encarar estudios sobre práctica de fuentes de energía que reemplacen los habituales combustibles derivados de sistemas convencionales no renovables cuya extinción está prevista para este siglo. Entre los recursos energéticos renovables, se cuenta con una fuente de energía explotada durante las penurias económicas y energéticas producidas durante y después de la última guerra mundial. Se trata del gas del estiércol, gas de los pantanos o gas de granja, producido por fermentación del estiércol de animales, de la paja y de residuos agrícolas en general. Por su origen biológico se lo conoce mundialmente como biogás, que es una mezcla de gases conteniendo metano (50 a 70%), anhídrido carbónico (30 a 45%), hidrógeno (1 a 3%), oxígeno (0,5 a 1%), gases diversos (1 a 5%) y vestigios de anhídrido sulfuroso (Lockett, 1997). El proceso de fermentación anaeróbica que produce el biogás, produce también una mezcla residual que es un rico fertilizante orgánico de mayor calidad y contenido de nitrógeno que el estiércol fresco y que puede ser utilizado para formar un compost con residuos vegetales o ser distribuido sobre los campos como fertilizante de considerable valor. El biogás y el abono residual de la operación, se han convertido en una fuente ideal de energía para las naciones con poblaciones rurales numerosas sin medios económicos y prácticos para disponer de energía convencional. Es así como ha tomado un gran impulso sobre todo en Asia, en países como China y la India, donde ya hay cerca de 500.000 plantas del tipo familiar instaladas y funcionando a pleno (Nitsch, y Rettich, 1993).

Todos los residuos de origen animal y vegetal que contienen hidratos de carbono y en particular celulosa y azúcares, son al estado natural el origen de lo que se conoce con el término de fermentación, siendo ésta el producto de fenómenos fisico-químico-biológicos muy complejos, dando por resultado de la fermentación metanógena el gas de estiércol o biogás

**DESARROLLO:** Entre los proyectos que se encuentra desarrollando el GIDER, la utilización de residuos para la producción de biogás es uno de ellos. Todos los residuos orgánicos (basura de cocina, restos vegetales y animales, aguas servidas, aserrines y virutas, bosta y excrementos) son adecuados para ser fermentados anaerobicamente (en ausencia de oxígeno). Las bacterias consumen el carbono y el nitrógeno y como resultado se produce el biogás o gas de los pantanos. La materia prima se mezcla con agua, se cierra la boca de carga y comienza el proceso de digestión. Al pasar un tiempo determinado, empiezan a producirse gases como producto de la digestión. Estos gases se van acumulando en la parte superior del digestor, y su presencia y presión se registran mediante un manómetro. Junto a la boca de carga se encuentra también una válvula para dar salida a los gases y permitir su utilización. Un factor muy importante en el funcionamiento de la digestión es la relación C/N, es decir la cantidad de carbono dividido la cantidad de nitrógeno (Barra, y Szockolay, 1988) Los alimentos principales de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos, amoníaco, etc). El carbono se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares. Esas bacterias utilizan carbono con una rapidez unas treinta veces mayor que su uso de nitrógeno. La digestión anaeróbica se lleva a cabo mejor cuando las materias primas suministradas a las bacterias contienen ciertas cantidades de carbono y de nitrógeno al mismo

tiempo. La razón de carbono a nitrógeno (C/N) representa la proporción de los dos elementos. Una razón C/N de 30 (30 veces más carbono que nitrógeno) permitirá que la digestión se lleve a cabo a un ritmo óptimo, a condición de que las otras condiciones sean favorables. En cuanto a la temperatura, para que las bacterias digestivas trabajen con la mayor eficiencia, lo mejor es una temperatura de 36 °C. La producción de gases puede producirse en dos gamas de temperaturas: de 29,4 a 40,5 °C y de 48,8 a 60 °C. Hay diferentes grupos de bacterias productoras de ácidos y metano que medran en cada una de esas gamas diferentes. A las activas en la gama más alta se las llama bacterias termofílicas (Macola, 1995). Con relación al pH, durante la fase inicial ácida, que puede durar 2 semanas, el pH puede bajar a 6 o menos, mientras que se produce una gran cantidad de CO<sub>2</sub>. Conforme prosigue la digestión se produce menos CO<sub>2</sub> y más metano y el pH se eleva lentamente hasta llegar a un valor entre 7 y 8 (básico)

**CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO:** El biodigestor se construyó con un tanque plástico de forma cilíndrica levemente abombada, de 35 cm de diámetro inferior y superior, mientras que en su parte media el diámetro es de 45 cm. La altura es de 70 cm, lo que da una capacidad aproximada de 88 litros. Tiene en su parte superior una boca de carga con tapa a rosca de 7,5 cm de diámetro y una salida de 1 cm donde se coloca el manómetro de aguja de 0-1 kg/cm<sup>2</sup> y otra salida también de 1 cm donde se encuentra una válvula para salida de gases. El espesor de la pared plástica del tanque es de aproximadamente 6 mm. En su lateral tiene colocada una válvula de descarga de líquidos a 18 cm del suelo. Esta válvula se utiliza cuando se quiere desagotar el digestor y también cuando se quiere tomar una muestra de líquido para medir pH, densidad, etc. El gasómetro, recipiente donde se almacena el gas que se va generando, es un recipiente de vidrio invertido colocado dentro de una camisa de agua que cumple las funciones de sello hidráulico. El recipiente de vidrio tiene un diámetro interno de 24 cm y una altura de 36,8 cm, lo que da una capacidad de 16,5 litros. El análisis de los gases se hace mediante el aparato de Orsat. En los próximos ensayos se le adaptará exteriormente una serpentina para calentamiento, ya que estos equipos no funcionan correctamente si la temperatura externa no es mayor de 26 a 28 °C. En la foto 1 se observa el biodigestor.



*Foto 1- Biodigestor*

**PRIMER ENSAYO DEL BIODIGESTOR:** Se usó como materia digerible restos de cocina (restos de frutas, verduras, cáscaras de huevos, restos de carne, restos vegetales como flores, hojarasca, yerba, y aproximadamente 0,5 kg de excremento animal). En total se utilizaron aproximadamente 15 kg de basura. Estos restos se dejaron en contacto con el aire libre durante 5 días para obtener primero una fermentación aeróbica, que permitió que la masa de desechos aumente levemente su temperatura. Luego se cubrió la mezcla con 30 litros de agua y se cerró la boca de carga. A los 4 días comenzó la generación de gases, notándose en el manómetro una presión de 0,175 kg/cm<sup>2</sup>. Durante los próximos 5 días el digestor estuvo generando gases a un ritmo continuo, y solo se interrumpió el proceso cuando se dejó abierta la válvula durante 3 días. Como no se disponía de un sistema de aprovechamiento de los gases generados, hubo que ventear permanentemente los gases producidos a la atmósfera, notándose de esta manera la presencia del anhídrido sulfuroso en el gas debido al fuerte olor desagradable. La presión alcanzó 0,25 kg/cm<sup>2</sup>. La relación carbono nitrógeno de esta ensayo fue de aproximadamente de 25/1, siendo una relación un poco por debajo de la ideal (30/1). Por otra parte, la temperatura promedio del ambiente en que estaba el digestor fue de 29 °C, considerándose una temperatura satisfactoria. Este ensayo duró 21 días.

**SEGUNDO ENSAYO DEL BIODIGESTOR:** En este ensayo se cargó el biodigestor con viruta de pino, algarrobo y cedro. Previamente se sometió la viruta a un proceso de deslignificación, ya que la lignina es una forma de carbono no digerible por las bacterias. Este proceso de deslignificación se llevó a cabo tratando la madera con soda cáustica y realizando varios lavados para que la lignina se decante. Una vez preparada la viruta, se cargó el biodigestor con 10 kg de viruta y se lo dejó al aire libre durante 3 días para que tenga una fermentación aeróbica. Luego se cargaron 30 litros de agua y se cerró el biodigestor. A los 21 días recién arrancó el proceso de generación de gases, indicando el manómetro una presión de 0,05 kg/cm<sup>2</sup>. Este ensayo tardó más en producir gases que el ensayo anterior debido al material de carga (madera en vez de residuos de cocina) y también debido, a que por ser invierno, la temperatura del ambiente donde estuvo el digestor fue muy baja, de 15 °C. La relación C/N de este ensayo fue demasiado alta, aproximadamente de 200. Esto también influyó para que se genere poco gas (había mucho carbono y poco nitrógeno). En ensayos posteriores con madera como material de carga del digestor, se colocará más nitrógeno en forma de urea u orina para lograr una relación C/N más favorable. El pH medido al mes de iniciado el ensayo resultó 8,2. La duración total de este ensayo fue de 60 días.

**CONCLUSIONES:** El biodigestor económico fabricado funciona correctamente, permitiendo realizar ensayos a pequeña escala con diversos materiales. Su uso en investigación y en docencia permitirá desarrollar nuevos proyectos de investigación al GIDER, como por ejemplo la obtención de biogás de los residuos madereros, materia prima tan abundante en la región chaqueña. El gas generado puede satisfacer las necesidades de calefacción, iluminación y energéticas de pequeños establecimientos rurales, y el sobrante de la digestión es un excelente fertilizante rico en materia orgánica. El prototipo fabricado deberá adaptar algunas mejoras al proceso de almacenamiento y consumo del gas generado. Por otra parte, se tratará de conseguir un analizador de gases electrónico para saber la composición y relación exacta de los gases generados.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Barra, O. A. y Szokolay, S. V. (1988) Basic Course of Renewable Energy Sources, Italian Ministry of Foreign Affairs, Rome, Italy. p.p. 20-31
- Lockett, W. (1997) Digestores de gas metano para obtener combustibles, The New Alchemy Institute West, p.p. 45-59
- Macola, B. (1995). Desechos del agro, su aprovechamiento para obtener energía, p.p. 17-41
- Nitsch, J. y Rettich, S. (1993) Biogas, Nutzungsmöglichkeiten für Baden-Württemberg. Stuttgart, Deutschland, p.p. 20-31