

DIGESTION ANAEROBICA DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EXPERIENCIAS A ESCALA LABORATORIO Y PILOTO

GROPPELLI Eduardo S., GIAMPAOLI Orlando A., CARRERO Diana,
CRUDELI Rossana, GONZALEZ Julián F., GRANADOS Roberto.

Grupo de Energía No Convencional - Depto. Ing. Química
Facultad de Ingeniería Química - U.N. Litoral
Santiago del Estero 2829 - 3000 - SANTA FE

INTRODUCCION

El inconveniente que presenta la basura orgánica en lugares en que no se efectúa la recolección domiciliaria, lo que da lugar a malos olores por descomposición y a la proliferación de todo tipo de alimañas que se nutren de la misma, nos llevó a realizar experiencias a Escala Laboratorio en principio para producir biogas, como combustible.

Ante los muy buenos resultados obtenidos y la inquietud demostrada por el Sr. Director de la Escuela No. 6367 "2 de abril" de Los Cerrillos, Provincia de Santa Fe, se efectuaron los estudios necesarios para dotar a dicha escuela de una Planta Piloto que sería alimentada con los desperdicios orgánicos de la cocina, donde se elaboran diariamente los alimentos para 35 alumnos y que solucionaría el problema del destino de la basura orgánica, sus malos olores, se eliminaría el alimento de los roedores y por ende se preservaría la salud de los educandos, significando a la vez un ahorro en el consumo de gas envasado.

Con la colaboración económica del Rotary Club "Los Constituyentes" de la ciudad de Santa Fe, que apadrina dicho instituto, se logró construir bajo nuestra dirección la Planta Piloto, la que produce biogas en un volumen interesante, como para llegar al autoabastecimiento.

Por otra parte se produce también abono, a utilizar en la huerta orgánica.

Como se observa cierra perfectamente el sistema, dándose solución al problema de la basura, lográndose a su vez la obtención de biogas y de abono, lo que hace que resulte una inversión interesante.

DIGESTION ANAEROBICA:

La digestión anaeróbica de una sustancia orgánica es un proceso complejo y sensible; se pueden determinar dos etapas bien diferenciadas, que se denominan acidogénesis y metanogénesis.

La primera consiste en la oxidación y reducción de los compuestos presentes en ácidos orgánicos simples o de "cadena corta".

Las bacterias de esta etapa son anaeróbicas facultativas y proveen la materia para la etapa final de la descomposición, estabilización y producción de metano.

La metanogénesis es la etapa final; un grupo de bacterias estrictamente anaeróbicas, conocidas como formadoras de metano, consumen los ácidos existentes y estabilizan la materia orgánica convirtiéndola en metano y dióxido de carbono gaseoso (biogas).

Los subproductos principales son: biogas y materia orgánica estabilizada "abono".

BIOGAS:

Es un gas combustible cuyo poder calorífico oscila entre los 5.000 y 5.500 Kcal/m³ debido a las variaciones en el contenido de metano.

La composición del biogas es la siguiente:

Metano:	55 a 70 %
Dióxido de Carbono:	30 a 40 %
Anhidrido Sulfuroso:	menor a 1 %
Hidrógeno	1 a 3 %
Otros Gases	1 a 5 %

ABONO:

Puede llegar a tener más importancia que el biogas como enmienda orgánica de suelos, ya estabilizado no presenta olor y por ende no atrae los insectos.

Los principales componentes minerales que contiene son:

Nitrógeno:	2 a 7 %
Fósforo:	1 a 2 %
Potasio:	0,8 a 1,2 %

EXPERIENCIA DE LABORATORIO.

Se realizó en un digester de material plástico de 24,6 lt de capacidad útil.

Este tiene adosada una boca de carga que posee continuidad hasta el fondo del digester lo que permite el

sello hidráulico y en la parte superior se coloca un embudo para permitir la incorporación de material de carga.

La descarga del material degradado se realiza mediante una conexión flexible que permite regular la altura de la misma.

Posee un agitador manual de paletas que permite realizar la homogeneización de la mezcla sobre todo en el momento de la carga. Salidas para toma de muestra y para descarga del digestor que se cierran mediante válvulas esféricas.

La salida de biogas está ubicada en la parte superior del digestor y mediante una conexión con manguera flexible se lleva hasta un tablero de control. En éste se mide la presión interna del digestor mediante un tubo en U que posee un líquido coloreado a los fines de visualizar la diferencia de altura. Un tubo de ensayo con tubuladura lateral, que permite burbujear al biogas producido, para de esta forma observar la producción y el efecto de la agitación.

Luego el biogas se acumula en un gasómetro. Este es un recipiente construido en chapa galvanizada de 80 lt de capacidad colocado en forma invertida sobre un tanque de fibrocemento de 100 lt de capacidad.

Posee una salida lateral para poder quemar la producción diaria de biogas acumulada en el gasómetro una vez medida.

Se dispone en laboratorio de una picadora a la que se le adiciona una base desmontable para permitir su limpieza luego de cada molienda.

Además se dispone de equipos y material de laboratorio para efectuar análisis correspondientes a este tema (pH, % de humedad, % de sólidos, % de sólidos volátiles, % de cenizas, ácidos volátiles y otros).

DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO.

Preparación de la carga:

Se parte de basura clasificada (parte orgánica) a la que se muele previamente para facilitar el ataque bacteriano.

Molida una cantidad suficiente (para que funcione el digestor aproximadamente una semana), se homogeiniza perfectamente y se extraen muestras para determinar el porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos volátiles de la carga; este material molido se acondiciona en recipientes descartables dentro de un freezer a los fines de tener la materia prima disponible durante la semana sin que esta sufra una degradación previa.

Para proceder a la carga del digestor se descongelan las muestras, se agrega agua (50 % en peso), se controla el pH y se corrige a un valor cercano a 7,5,

óptimo para el funcionamiento del digestor (el pH que posee la basura recién molida es relativo a su composición y al tiempo que transcurre desde su recolección, pero siempre es de un valor menor que 7,5, por lo que deberá corregirse con un agente alcalino), una vez corregido el pH se procede a la carga del digestor. Esto se realiza una vez al día y se retira simultáneamente un volumen igual al agregado por rebalse de la descarga.

RESULTADOS.

Se realizaron distintas experiencias con el equipo de laboratorio descrito anteriormente a lo largo del año poniendo especial énfasis en los meses críticos (invierno) desde una temperatura máxima de 30 C° en los meses cálidos a una temperatura mínima de 10 C° en invierno.

Con una carga de materia prima de 2,5 Kg de sólidos volátiles/ (metro cúbico de digestor por día); (velocidad de carga). Con un tiempo de residencia de 25 días y temperaturas que oscilaron entre 13 C° de máxima y 10 C° de mínima, se obtuvo una producción de biogas de 0,5 veces el volumen del digestor.

Para un cálculo aproximado de la materia fresca que se debe agregar se puede tomar como base, de acuerdo a promedios de análisis realizados en nuestro laboratorio que la basura orgánica domiciliaria posee un 20 % en peso de sólidos y un 85 % de sólidos volátiles.

Con la misma carga e igual tiempo de residencia durante los meses cálidos, donde la temperatura máxima fue de 28 C°, se obtuvo una producción de biogas igual al volumen del digestor.

En la Tabla N° 1 podemos apreciar la producción de biogas con una temperatura ambiente promedio de 12 a 15 °C (condiciones de invierno).

AÑO 1972	Kg. de basura	Alimentación pH promedio	Temp. Amb. promedio	lt. Biogas producido	Efluente pH promedio
Mayo	15,5	7,7	15 °C	380	7,5
Junio	15,0	7,9	13 °C	360	7,6
Julio	15,5	7,6	12 °C	353	7,5
Agosto	15,5	7,7	15 °C	382	7,5

TABLA N° 1

En la Tabla N° 2 se detallan los valores obtenidos con una temperatura ambiente promedio de 20 a 30 °C (condiciones de verano), pudiendose apreciar el incremen-

to de la producción de biogas, con el aumento de la temperatura.

AÑO 1992	Kg. de basura	Alimentación pH promedio	Temp. Amb. promedio	lt. Biogas producido	Efluente pH promedio
Setiem.	15,0	7,3	20 °C	720	7,4
Octubre	15,5	7,5	24 °C	732	7,6
Noviem.	15,0	7,6	28 °C	744	7,5
Diciem.	15,0	7,5	30 °C	760	7,7

TABLA N° 2

BIODIGESTOR DEMOSTRATIVO.

Tomando para el diseño los resultados anteriores y realizados los contactos correspondientes para la ubicación y recursos para la concreción del mismo, se proyectó y construyó un biodigestor con capacidad suficiente para la ubicación diaria de todos los residuos de comedor en la Escuela N° 6367 "2 de Abril", ubicada en el paraje "Los Cerrillos" a la que se accede por la Ruta N° 1 que une Santa Fe con San Javier.

PILETA DE CARGA:

En la misma se mezcla diariamente la basura fresca previamente molida con agua de pozo y para este caso se aconseja una proporción de 1:1. Esto hace que los sólidos se encuentren en la concentración óptima para la fermentación (10 % de sólidos totales).

Esta pileta debe tener capacidad para la mezcla diaria y estar ubicada sobre el nivel de la cámara de digestión (ver Fig.No. 1), para que la mezcla ingrese por gravedad.

CAMARA DE DIGESTION Y CAMPANA MOVIL:

El cuerpo cilíndrico del digestor tiene una relación de diámetro igual a la altura, esta relación permite tener un volumen ideal con el mínimo de superficie late-

ral, lo que minimiza los materiales y las pérdidas de calor al terreno. El biodigestor se construyó en mampostería con revoque impermeable en su interior, con una capacidad de acumulación de biogas de un metro cúbico mediante una campana móvil (tanque de fibrocemento). La capacidad se calcula para retener la producción diaria. El biodigestor posee además un sistema de agitación manual.

DESCARGA:

Dado que el biodigestor es de funcionamiento continuo, se debe contar con una pileta de descarga que acumule el material degradado por un período de 5 a 7 días, a fin de poder distribuir convenientemente este material en las huertas, plantas frutales o directamente en el campo.

PURIFICACION DEL BIOGAS:

Como consecuencia de la digestión anaeróbica el azufre contenido en la carga se transforma en ácido sulfhídrico que contamina el biogas. Este le confiere olor al biogas, que para usos de combustión es beneficioso, porque permite detectar posibles pérdidas; pero si se quiere utilizar este biogas en motores de combustión interna puede provocar corrosión interna en él, por lo tanto es recomendable su eliminación.

Puede realizarse económicamente haciendo circular el biogas, previo al consumo, por una columna conteniendo virutas de hierro oxidadas, que permite por reacción química retener el ácido sulfhídrico contenido en el biogas.

RETENCION DE AGUA:

Como la fermentación se produce en un medio acuoso el biogas está saturado de humedad, si la temperatura desciende durante el trayecto hacia el consumo, el agua condensará. Por lo tanto se debe diseñar la cañería de gas con pendiente y eliminar el agua condensada en un colector que deberá funcionar en forma automática y se coloca en la parte más baja de la cañería.

TRAMPA DE LLAMA:

Si existiese dentro del gasómetro metano y suficiente aire (por accidente) podría retroceder la llama desde el quemador y provocar una explosión. Para prevenir accidentes de este tipo se interpone una trampa de llama que funciona por el principio de pared fría e impide el retroceso.

UTILIZACION DEL BIOGAS:

Se utiliza para consumir el biogas un mechero industrial y un anafe a los que se ha aumentado el caudal mediante la abertura del pico de salida y distribuidor de llama.

PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACION:

Una vez realizada la prueba hidráulica del digestor (sin el gasómetro) se desagota y se carga con basura molida y agua en la proporción de 1:1 y se agrega diariamente durante 15 días aproximadamente.

Lograda esta carga inicial se coloca la campana de acumulación (gasómetro). Esta fué venteada 3 o 4 veces antes de utilizar el biogas, para eliminar el aire y la mayor proporción de dióxido de carbono que se produce en el comienzo de la digestión.

La puesta en marcha fué realizada el 14-06-93; en los meses de invierno la producción alcanzó a cubrir el 30 % del consumo de gas en garrafa, en tanto en los meses de verano la producción de biogas alcanzó para satisfacer el 100 % de la demanda de gas.

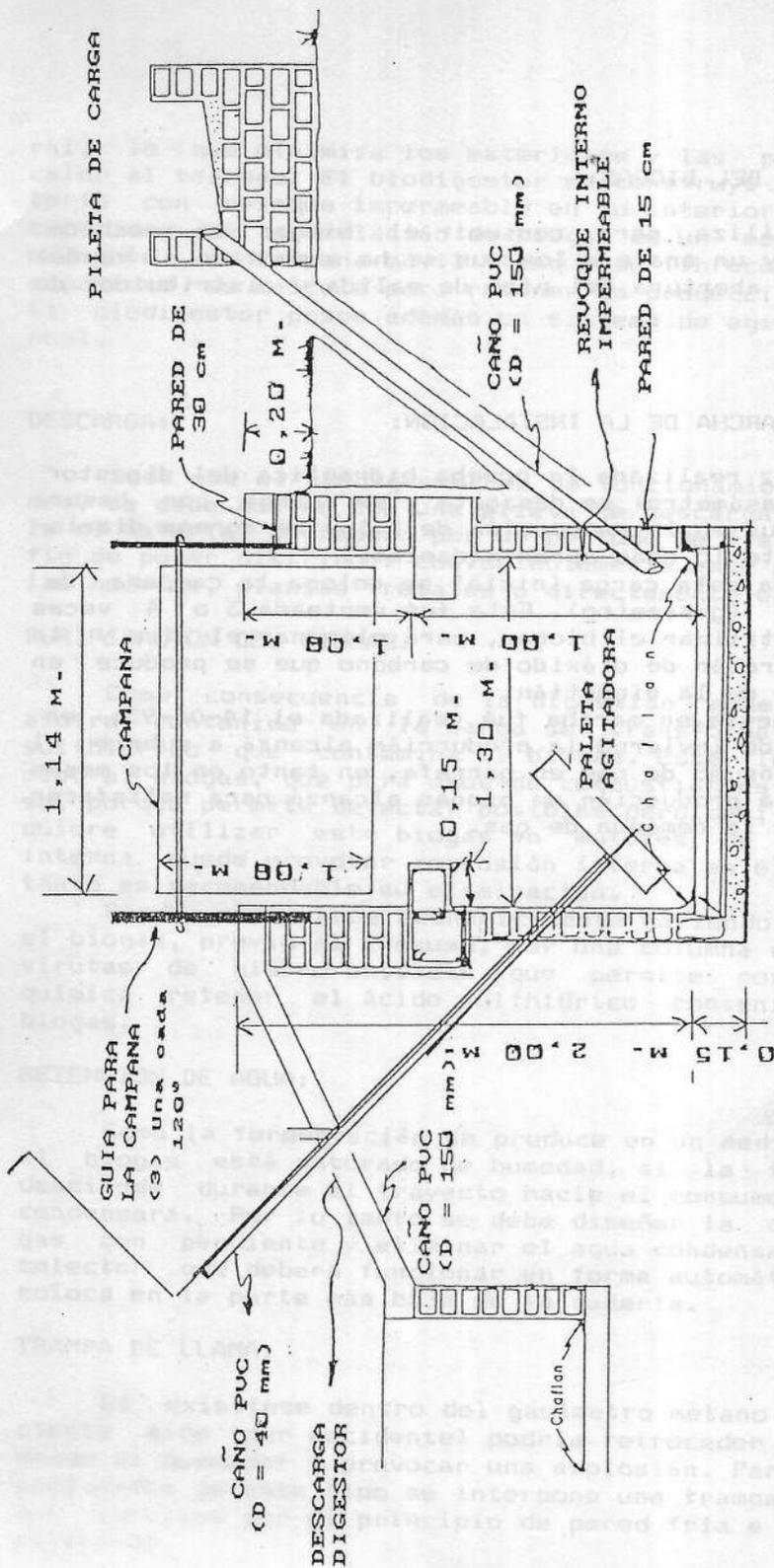


Fig. 1

DIGESTOR TIPO HINDU DE 2,50 M³ DE CAPACIDAD