

EL BIOGÁS LIMPIO COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE

THE CLEAN BIOGAS LIKE AN RENEWABLE ENERGY SOURCE

Recibido: 19/03/07

Aceptado: 14/01/08

RESUMEN

El principal objetivo es encontrar una solución óptima para la limpieza del biogás y eliminar de este modo el H_2S , que proviene de la biomasa como fuente de materia prima, y que destruye las máquinas de generación de energía eléctrica y térmica.

Existen varias soluciones para solventar el problema, pero no una metodología estándar, sino que depende del tipo de residuo que se esté empleando. Se plantean sistemas de aireación, hierro-cloruros, sangre animal, adsorción y absorción, que han sido probados y estudiados en instalaciones de la región escandinava.

Este tipo de energía tiene una fácil implantación en sistemas que producen una gran cantidad de residuos orgánicos, como son granjas porcinas y vacunas, y permite, con una pequeña inversión, la eliminación de los residuos obteniendo tierras fértiles y energía limpia involucrada en el concepto de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: Biomasa, digestión, H_2S , absorción, biogás.

ABSTRACT

The aim of the project is to find an optimal solution to clearing the biogas and remove the H_2S from it. The solution has to be efficient, rentable and easy to use.

There are many solutions, but there is not one standard solution indeed the efficiency depends on many different influences e.g. the type of manure or kind of waste.

Common solutions; aeration, ferrum-chloride, blood and absorption have been studied and advanced in Scandinavian region.

This kind of energy result easy to implement it in system with a big amount of manure, such as, cows and pigs farms, and it needs a little invest to do it possible.

Key words: Manure, digestion, H_2S , absorption, biogas.

Javier Blanco Ortega
Ingeniero Industrial
Dragados, S.A.



1. INTRODUCCIÓN

El biogás, también llamado gas de digestión, se refiere típicamente a metano (CH_4) obtenido a partir de la fermentación de materia orgánica como el estiércol, lixiviados acuosos, desechos municipales y cualquier otro tipo de materia biodegradable bajo condiciones anaerobias.

La principal ventaja del aprovechamiento de este gas es la conversión de dicha materia orgánica en energía eléctrica y térmica y, por otro lado, la eliminación de los residuos ya que el compuesto orgánico resultante de la fermentación es, en la mayoría de los casos, un perfecto abono para el suelo. De este modo, podemos comprobar las posibilidades que ofrece un m^3 de biogás:

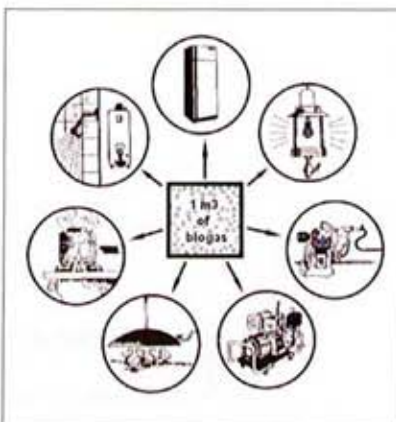


Fig. 1 Posibilidad de un m^3 de biogás.

Resulta complicado definir las ventajas y desventajas del uso del biogás ya que dependen de cómo se ha producido el mismo. No obstante, y en términos generales, se pueden establecer las siguientes:

Ventajas:

- Obtención de energía compatible con el desarrollo sostenible, es decir, "limpia".
- Obtención de fertilizantes ecológicos.
- Permite una mayor conservación forestal.
- Eliminación de residuos animales (especialmente en granjas) y humanos.

No dependencia del viento, sol y/o agua.

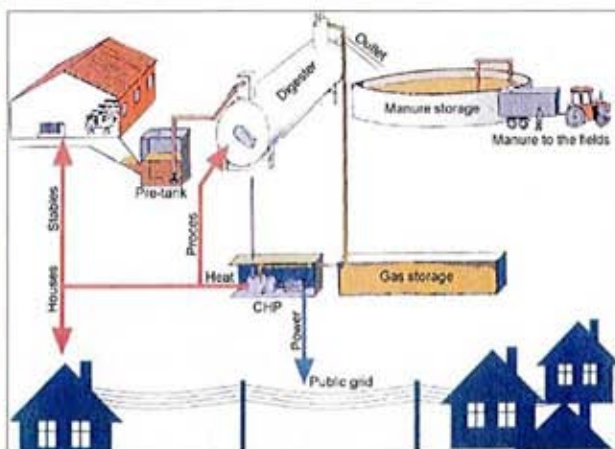
- Poca inversión para su aplicación en granjas porcinas y vacunas.

Desventajas:

- Estudio particularizado para cada caso.
- Limpieza del azufre contenido en la biomasa.
- Periodos de unos 15 días de fermentación, lo que implica disponer de zonas de almacenamiento de residuos.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

En el siguiente esquema se muestran las principales partes de una instalación de biogás en una granja:



El proceso podríamos resumirlo en los siguientes ítems:

1. Acopio de residuos orgánicos procedentes de diversas zonas. Esta operación puede realizarse por bombeo a un tanque.
2. Introducción de la materia en el digestor. El proceso es discontinuo y suele durar unos 15 días. Durante este periodo de tiempo, la materia, a unas condiciones de presión (*vacuum*) y temperatura (36 °C), produce el biogás. Tanto los digestores verticales como los horizontales son los más empleados puesto que la elección depende de la cantidad de materia a emplear.
3. Almacenamiento del gas producido.
4. Almacenamiento de la materia sólida obtenida de la fermentación ya que será empleada como abono para la tierra.
5. Quema del gas almacenado en la maquina de cogeneración, donde se producirán energía eléctrica y térmica. Así, se obtiene calor y/o frío no sólo para las personas sino también para los animales.

El proceso mostrado es el que denominamos "típico". No obstante, el principal problema para el NO desa-



Fig.2. Efectos del azufre: unidades de generación dañadas
Fuente: autor

rollo de esta fuente de energía alternativa es que el biogás contiene un elevado % de azufre en forma de H_2S , que, al entrar en una cámara de combustión, reacciona para producir H_2SO_4 y provoca la destrucción de la misma, con lo que el proceso

no resulta tan factible. Un ejemplo de este fenómeno lo vemos a continuación:

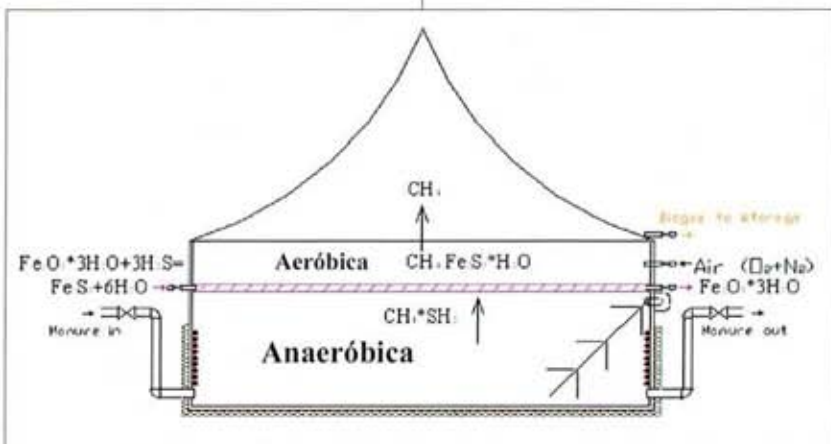
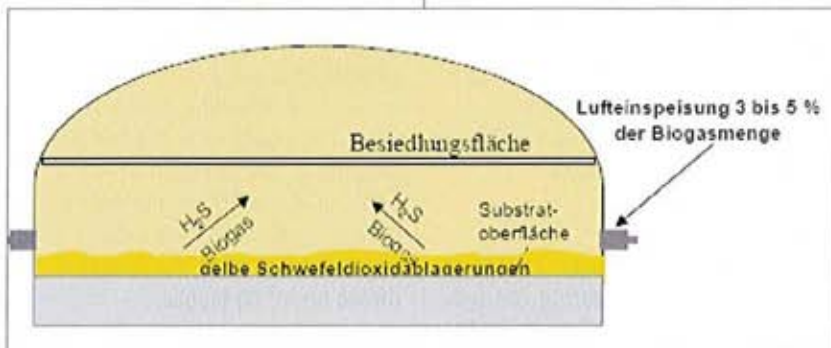
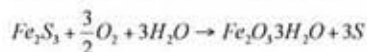
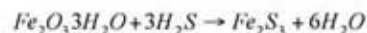
Por este motivo, y tras realizar un periodo de investigación principalmente en Dinamarca y con la empresa **Nordic Folkecenter for Renewable Energies**, hemos desarrollado e implementado diversas soluciones que permiten y potencian el empleo del biogás como fuente de energía alternativa.

3. SOLUCIONES PARA LA ELIMINACIÓN DEL H_2S DEL BIOGÁS

3.1. Aireación

Consiste en insertar una corriente de aire en el tanque digestor de modo que se produce una primera fermentación anaerobia y, a continuación, otra aerobia.

Para el correcto aprovechamiento de esta solución se emplearán membranas que separarán la zona sólida de la gaseosa, lo que permite variar la cantidad de azufre a retener. Los filtros más empleados son los de derivados de hierro, como el Fe_2O_3 . En este caso el compuesto se impregna en el filtro como una solución de forma que sea regenerativa y permita así una larga vida del proceso y, en este caso, de la membrana:



Tal y como se aprecia, se produce una reacción autosuficiente. Cabe destacar que el compuesto de azufre obtenido se recircula a la materia orgánica enriqueciéndola como abono o fertilizante para las tierras.

Ventajas:

- Es fácil de instalar ya que sólo se requieren el digestor y la introducción del aire.
- Poca inversión.
- Se consigue una reducción <100 ppm de %S, viable técnicamente para los quemadores.
- Poca mantenimiento, con la restauración de la solución de la membrana cada dos años.

Obtención de un fertilizante con magníficas propiedades.

Desventajas:

- Peligrosidad de explosión si las cantidades de O_2 son muy elevadas debido al punto de funcionamiento del digestor.
- Las reacciones son lentas, es decir, se requieren al menos 12 días para la producción de gas suficiente.
- Cantidad de materia prima a tratar limitada, ya que depende del tamaño del digestor, sin obviar que debe ser discontinua.
- Sólo permite el empleo en pequeñas granjas.

Otra posibilidad es la introducción de compuestos de hierro directamente sobre la materia orgánica en el digestor. Esto se puede conseguir empleando sangre de los animales (que lógicamente sea un residuo) ya que contiene cloruro de hierro $FeCl_2$, que reacciona con el H_2S y precipita el compuesto de azufre en la materia prima.

Ventajas:

- Aditivo con coste cero ya que proviene de los animales.
- Método limpio, simple y eficiente del que se obtienen resultados < 300 ppm %S

Desventajas:

- Dependencia de la sangre para realizar el proceso.

3.2. Adsorción por carbón activo

La adsorción, empleada en las grandes torres de recuperación de las refinerías, consiste en hacer pasar las corrientes de gas por tubos de car-

bón activo donde se produce el fenómeno y queda retenido el ácido sulfhídrico.

Ventajas:

- Simplicidad en el uso de la instalación.

Desventajas:

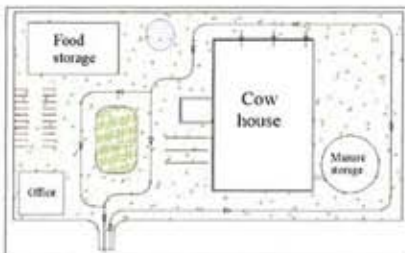
- Requiere elevadas temperaturas para su empleo.
- Necesidad de otra torre para recuperar el compuesto una vez se ha convertido en residuo.

3.3. Absorción

Es el método más eficiente y el que se ha puesto en práctica para la instalación que se describe a continuación. Este es el motivo por el que es analizado con la misma.

4. ESTUDIO PARTICULAR DE UNA INSTALACIÓN

Se plantea la implementación de un sistema de biogás para una granja de unas 6,4 ha y unas 250 vacas que producen alrededor de 24 t de residuos diarios. El *layout* de la planta es el siguiente:



Para desarrollar las unidades a implementar en la granja, se deben calcular los datos iniciales donde se obtiene:

- Capacidad de almacenamiento: 900 m^3
- Volumen del reactor o digestor: 740 m^3
- Producción de biogás:

$$b_s = 822,058 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \rightarrow 0,3 \text{ mill} \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{año}}$$

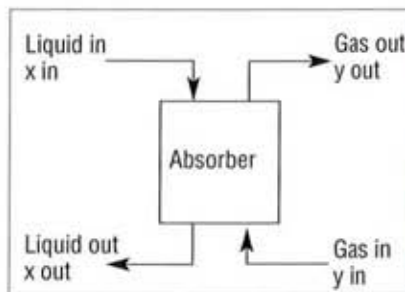
- Unidad de cogeneración.

$$\text{Electricidad} \rightarrow 97,61 \text{ kW} \approx 100 \text{ kWh}$$

$$\text{Calor} \rightarrow 156,62 \text{ kW} \approx 160 \text{ kWh}$$

Para la unidad de limpieza se va a emplear una torre de absorción que irá situada a la salida del digestor. El proceso de absorción consiste en la separación de componentes que se

encuentran en un gas mediante el empleo de un aditivo en fase líquida que retiene el componente en cuestión. Resultan como factores imprescindibles la solubilidad, el efecto del pH y los balances de masas. Dicho esto, el proceso que tendremos que calcular se reduce a:



Nos interesa conocer la variación de azufre que se produce. Al realizar los cálculos, pasamos de 3.000 ppm en la entrada a unas 30 ppm (límite 400 ppm) en la salida. A partir de aquí, entra en juego el cálculo de etapas necesarias para la torre y la determinación del diámetro de la misma. Para conseguirlo, se emplea el gráfico de **Eckert** donde influye el tipo de relleno a emplear. Así, elaboramos la tabla 1 (página siguiente) en la que destacan los siguientes conceptos:

El tipo de relleno que se puede emplear y, dentro del mismo, las distintas opciones. Por ejemplo, para anillos **Rasching** se tienen los diámetros 15,88, 12,70 y 9,53 mm.

El factor de empaquetamiento se obtiene de tablas estándares en función de datos experimentales.

El diámetro mínimo requerido debe cumplir:

- 30 veces mayor para **Rasching**, es decir $0,00953 \times 30 = 0,2859 \text{ m}$.
- 15 veces mayor para **Ceramic saddles**.
- 10 veces para **plastics or rings saddles**.

Para los valores de diámetro, se trabaja con dos líneas del gráfico de **Eckert**, la 21 y 42, que se corresponden con un empaquetamiento entre 16 y 48 mm agua / m empaquetamiento. Estos parámetros son los recomendados por la Compañía **Norton** para sistemas de absorción. Así se repite el proceso para las distintas opciones.

Columna Packing	Empaquetamiento F	Torre ⁽²¹⁾	Torre ⁽⁴²⁾	Material	Mínimo Requerido
Pall rings	97 52	0,19 0,16	0,16 0,14	Plástico 15 Plástico 25	0,15 0,25
Intalox Sad	200 300	0,23 0,26	0,19 0,22	Cerámico 12,70 Cerámico 9,53	0,1905 0,14295
Rasching	380 580 1000	0,27 0,3 0,34	0,23 0,25 0,29	Cerámico 15,88 Cerámico 12,70 Cerámico 9,53	0,471 0,381 0,2859
Berl Saddles	170 240 900	0,22 0,24 0,33	0,19 0,2 0,28	Cerámico 19,05 Cerámico 12,70 Cerámico 6,35	0,28575 0,1905 0,09525

En último lugar, y tras realizar múltiples operaciones, resta realizar un estudio en función de factores constructivos y económicos que permitan encontrar el tipo de relleno que mejor se adapta a la instalación.

Hemos elegido un relleno de anillo **Rasching** ya que son los más económicos. Por este motivo alcanzamos una torre de las siguientes características:

$$\phi_{Torre} = 0,35 m \quad Altura_{Torre} = 2 m$$

Ventajas:

- Los materiales empleados ofrecen durabilidad máxima frente a resistencia química.
- Transferencia de materia máxima, limpieza total.
- Posibilidad de ampliar la producción simplemente por duplicación de equipos.
- Saludable con el medio ambiente.

Desventajas:

- Inversión moderada debido al diseño y desarrollo.
- Mejores resultados para granjas medianas o grandes.

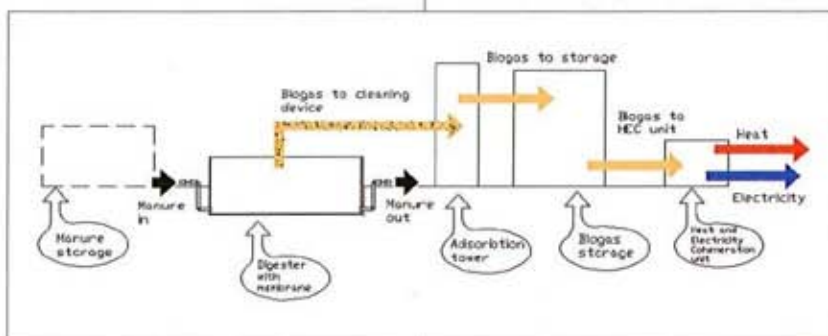
Para la instalación referida, hemos diseñado una torre de absorción que puede trabajar con un 1,5 % de exceso de biogás y que produce un gas casi libre de azufre. Además, en dicha torre se obtiene agua rica en sulfatos con los beneficios que se obtienen para el regadío.

El *layout* de la planta es el representado en la figura adjunta.

Para la solución planteada se necesita un coste de fabricación de la torre de unos 3.000 € y un coste final que dependería de las característi-

cas de la granja pero oscilaría entre 30.000 y 50.000 €.

No obstante, este tipo de instalaciones solventaría el problema de eliminación de residuos en granjas con aplicación en vertederos y depuradoras. Tendría un periodo de recuperación de inversión menor a los 10 años ya que desde el primer día se genera corriente eléctrica a la par que energía para calefacción y/o para aire acondicionado.



5. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

El empleo del biogás como fuente de energía alternativa produce efectos notorios en la eliminación de residuos procedentes de materias orgánicas así como la generación de energías limpias.

Soluciona el problema existente en las granjas con el tratamiento de los residuos animales, aportando fertilizantes naturales a las tierras.

Es necesario realizar un estudio particularizado de las condiciones de cada instalación para poder implantar un sistema óptimo y adecuado.

El almacenamiento del gas que va a ser quemado puede realizarse en modo líquido, lo que reduce hasta en

500 veces el espacio a destinar para el mismo.

El empleo de torres de absorción, permite cualquier ampliación de la producción debido a la duplicidad de los equipos.

A diferencia de las energías solar y eólica, la energía del biogás no depende de las condiciones meteorológicas.

6. AGRADECIMIENTOS

- **Ivan Aleksejenkov**, Ingeniero Civil.
- **Javier García Vila**, Ingeniero de Organización Industrial.
- **Paul Letman**, Ingeniero de Ventas.
- **Matthias Schmidberger**, Ingeniero Mecánico.
- **Nordic Folkecenter For Renewable Energies**.

7. BIBLIOGRAFÍA

- *Rokel pig farm Biogas demonstration plant by Folkecenter*. ISBN87-7778-117-1
- *White Paper for a Community Strategy and Action Plan COM (97)599 final* (26/11/1997)

- Danish Electricity Agency
- STRAUSA, S. *Lauksaimniecības ekas un buves*. - Riga "Zvaigzne", 1989.g. 409.
- Dr SURASRI NNANDAN SAHU, FC. *Reduction of H₂S from biogas by using environmental air*.
- MC. ZICARI, Steven. *Removal of hydrogen sulfide from biogas using cow-manure compost*.
- ZEMATIS, J.F., CLARK, D.M., RAFAL, M., y SCRIVNER, N.C., *Handbook of Aqueous Electrolyte Thermodynamics*, American Institute of Chemical Engineers - DIPPR, New York, NY, 1986. ■