

**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandi

# **Apuntes Curso**

## **“Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos”**

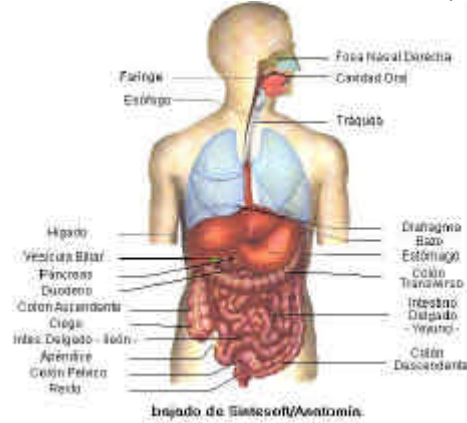
**de Lucio Alfredo Díaz Grandi**

**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandi

### **BIODIGESTORES, ¿ QUÉ SON?**

Los Biodigestores toman su término de digestivo o digestión, son máquinas simples que convierten las materias primas en subproductos aprovechables, en este caso gas metano y abono, comúnmente se los denomina Biodigestores. El principio básico de funcionamiento es el mismo que tienen todos los animales, descomponer los alimentos en compuestos más simples para su absorción mediante bacterias alojadas en el intestino con condiciones controladas de humedad, temperatura y niveles de acidez.



### **Tipos de Biodigestores**

Podemos hacer trabajar a estas bacterias en determinados rangos de para maximizar el rendimiento entre las que podemos destacar.

1° Optimizados para generar Gas. (es el ejemplo desarrollado aquí)

**Biodigestores** 2° Optimizados para Purificar Agua

3° Optimizados para Líquidos Cloacales (lechos nitrificantes, reactores biológicos)

### **Condiciones para la para la obtención de biogas en el digestor son:**

- 1) Temperatura entre los 20°C y los 60°C.
- 2) pH (nivel de acidez / alcalinidad) alrededor de 7.
- 3) Ausencia de Oxígeno.
- 4) Gran nivel de Humedad.
- 5) Materia Orgánica.
- 6) Que la materia prima se encuentre lo en trozos lo más pequeño posible.
- 7) Equilibrio de Carbono / nitrógeno.

### **Temperatura**

Este es un factor importante en la producción de Gas, dado que debemos simular las condiciones óptimas para minimizar los tiempos de producción, por ello se ha confeccionado la siguiente tabla para un mejor entendimiento. La Figura 2 muestra el tiempo mínimo que el biodigestor necesita para comenzar a generar biogas, mientras que la figura 3 muestra el rendimiento en función de la temperatura. Una conclusión interesante, que se extrae de la figura 3, es que a partir de los 23°C, el 80% del gas se genera en los primeros 15 días, (con el digestor en régimen),

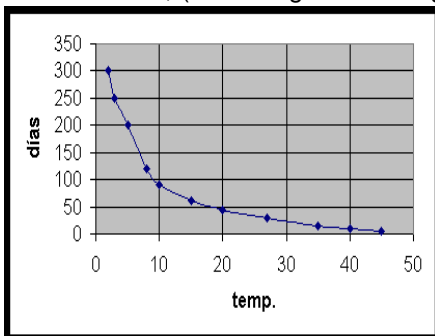


Fig. 2.

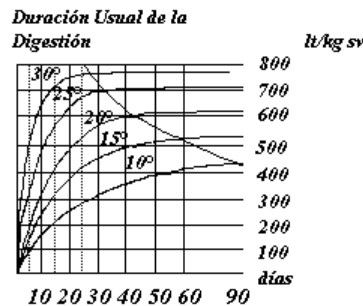


Fig3

**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandi

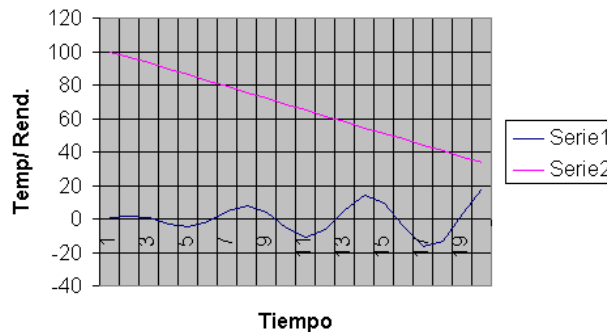
### **Dstrucción de la materia orgánica en el proceso**

Durante la fermentación metánica, una parte importante de La materia orgánica contenida, es destruida, lo que produce una reducción importan en la cantidad de barros. Los sólidos destruidos son los que generan el biogás siguiendo el principio de conservación de la energía, nada se pierde todo se transforma.

### **Proceso de conversión de la biomasa en energía.**

La temperatura en el interior de la etapa digestora no debe tener grandes variaciones ya que existe una inercia inicial para la activación de dichas bacterias, por lo que se sugiere que las mismas no bajen de 20°C. Esto presenta un problema para el invierno en varios lugares donde los climas son muy extremos o de heladas frecuentes, por mas que durante el día se consiga mediante determinados métodos aumentar la temperatura del digestor a mas de 35°C.

### **Rendimiento**



Cuadro rendimiento vs diferencia de temperatura

### **Trabajo bacteriano en la fermentación metánica**

La fermentación, es provocada por microorganismos de las más diversas especies, cuyos roles, en la evolución de la materia son diferentes. Según actúan en presencia o ausencia de aire se tienen dos grandes grupos de fermentaciones, "aeróbicas" y "anaerobias". La fermentación metánica, como hemos visto, es anaeróbica. En el caso de la fermentación metánica, llamada en la jerga, digestión, el medio es: anaerobio, húmedo (mayor del 50%), con un pH comprendido entre 6.5 y 8.5 y un rango de temperaturas entre 20 y 45°C para unos microorganismos y de 45° a 70°C para otros.

### **Iniciación de la fermentación metánica (compostaje)**

Si el material contaminante proviene de los estiércoles mencionados, primero hay que dejarlo fermentar aeróbicamente, una o dos semanas (recomendamos usar estiércoles de varios corrales), tratando que conserve su humedad natural. Luego de algunos días se tendrán los primeros desprendimientos gaseosos los que se dejan escapar a la atmósfera, dado que contiene una mezcla de gases poco o nada combustibles.



## **BIODIGESTORES**

Existen dos grupos de biodigestores, ambos tienen características similares de mantenimiento, pero el resultado es el mismo.

### **Continuos**

### **Biodigestores Discontinuos**

**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandi

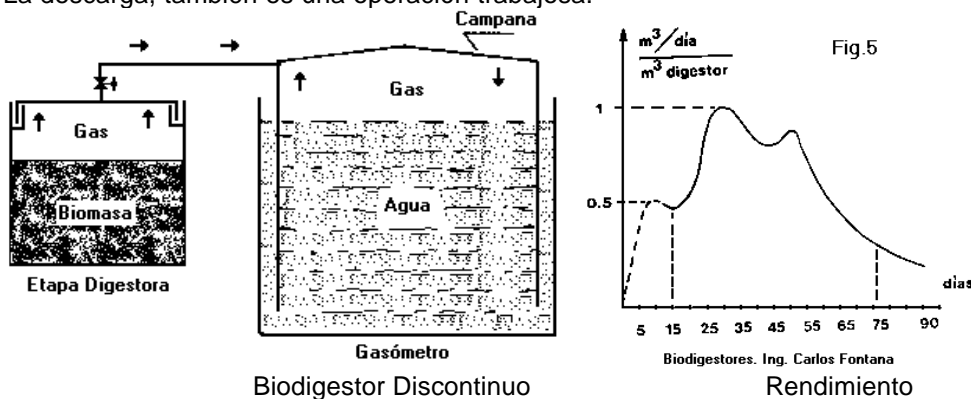
## **Biodigestores Discontinuos**

### **Ventajas de los biodigestores discontinuos**

- 1) Pueden procesarse una gran variedad de materiales
- 2) La carga puede juntarse en campo abierto porque, aunque tenga tierra u otro inerte mezclado, no entorpece la operación del Biodigestor.
- 3) Admiten cargas secas, que no absorban humedad, así como de materiales que flotan en el agua.
- 4) Su trabajo en ciclos, los hace especialmente aptos para los casos en que la disponibilidad de materia prima no sea continua, sino periódica.
- 5) No requieren prácticamente ninguna atención diaria.

### **Las principales desventajas son:**

- 1) La carga requiere un considerable y paciente trabajo.
- 2) La descarga, también es una operación trabajosa.



## **Biodigestores Continuos**

### **Ventajas de los biodigestores continuos**

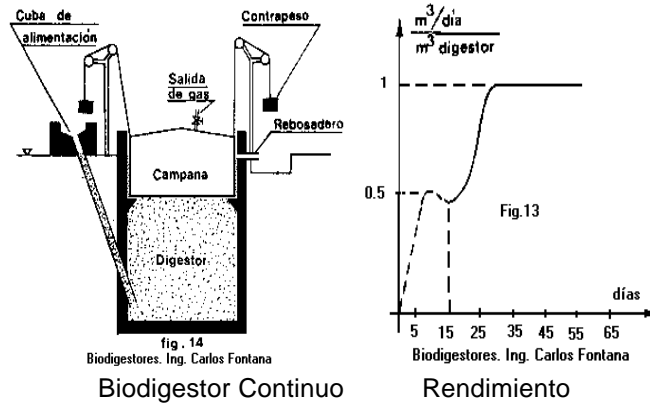
- 1) Permiten controlar la digestión, con el grado de precisión que se quiera.
- 2) Permiten corregir cualquier anomalía que se presente en el proceso, en cuanto es detectada.
- 3) Permiten manejar las variables relacionadas, carga específica, tiempo de retención y temperatura, a voluntad del operador, dentro de los límites conocidos.
- 4) Sólo en períodos prolongados, exigen ser vaciados y limpiados. En los más evolucionados, esos períodos son del orden de 10 años.
- 5) La tarea de "puesta en marcha", después de la inicial, sólo se vuelve a repetir cuando hay que vaciarlo por razones de mantenimiento.
- 6) Las operaciones de carga y descarga, de material a procesar y procesados, no requieren ninguna operación especial.

### **Inconvenientes**

- 1) La baja concentración de sólidos que admiten.
- 2) No poseer un diseño apropiado para tratar materiales fibrosos, o aquellos cuyo peso específico sea menor que el del agua.
- 3) Problemas de limpieza de sedimentos, espuma e incrustaciones.
- 4) El alto consumo de agua, por lo que el agregado líquido se reduce, con el agregado de orinas, un buen sustituto.

**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandi

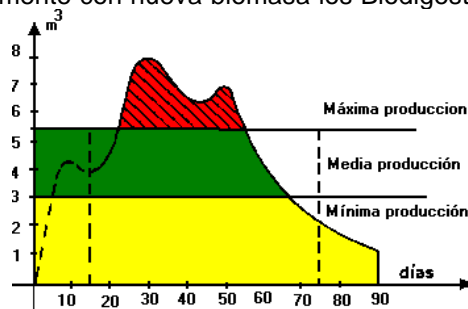


### **Composición del biogas**

La composición depende fundamentalmente de la materia prima usada. Para la composición, 50% de metano y 50% de inertes, se tiene una potencia calorífica superior del biogas de 4426 kcal/m<sup>3</sup> que es la más típica, si mejoramos la calidad de la biomasa obtendremos mayor calorías.

### **Tiempos de Retención (TR)**

En la práctica su tiempo de retención variará de acuerdo al criterio del propietario del Biodigestor. Nosotros pensamos que cuando el rendimiento del Biodigestor haya alcanzado un mínimo poco satisfactorio debido a que sus Sólidos Volátiles (SV) han sido consumidos en un alto porcentaje, es lógico entender la merma de la producción de biogas, para ello deberemos cambiar la mezcla de biomasa. La sugerencia es que cuando el Biodigestor haya disminuido la producción en un 60%, consideraremos que es propicio vaciar y llenar nuevamente con nueva biomasa los Biodigestores.



Representación de las zonas de producción de biogas de un Biodigestor discontinuo

En la imagen de nuestra derecha observamos una curva de rendimiento de un Biodigestor discontinuo en las que hemos clasificado con colores 3 zonas muy definidas:

- 1) Máxima producción.
- 2) Media producción.
- 3) Mínima producción.

Para tener respuestas favorables, cuando nuestro Biodigestor haya decaído nuestra producción un 60% se considera que es hora de cambiar los abonos, por consiguiente en el ejemplo dado nuestro TR sería de 60 días aproximadamente.

### **Biodigestores continuos industriales**

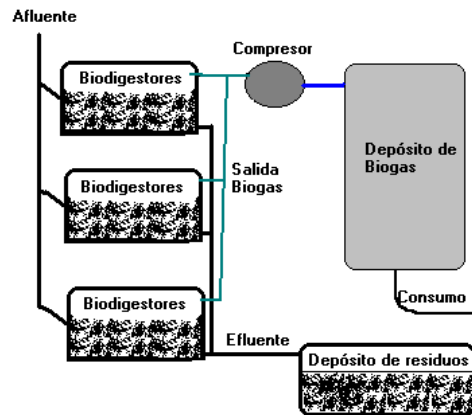
En el inicio de este apunte se observa los rendimientos respectivos que nos muestra que toda fermentación anaeróbica metánica se realiza en presencia de temperatura, este concepto se observa en todos los tipos de Biodigestores, todo esto nos da la conveniencia de usar el modelo continuo para generar biogas en grandes cantidades.

**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandí



Biodigestor industrial



Plano de un biodigestor industrial

### **Calidad de los Sólidos Volátiles**

Para mejorar la producción de metano de los Biodigestores, es conveniente mejorar la calidad de los SV, es decir que nuestra mezcla de estiércoles se encuentre balanceada la cantidad de Carbono/Nitrógeno, que sea homogénea en cuanto a que no hayan impurezas como trozos de materia mayores a 1 cm<sup>3</sup>, que se encuentre con niveles de pH balanceados y que posea una alta cantidad de organismos metanizantes, por ello hemos tomado un gráfico de la granja de Vietnam con un Biodigestor continuo alimentado con distintos tipos de SV. Observando:

- 1) Queda claro que en el proceso la temperatura es un factor muy importante.
- 2) Alimentado con mezcla de distinta calidad se obtuvieron resultados bastante diferentes.
- 3) Los Biodigestores Industriales de gran porte no solo tienen en cuenta la temperatura de la biomasa, o el pH, sino la cantidad y calidad de SV que se ingresa, teniendo en cuenta que esta es parte integrante de cualquier estiércol.

### **Presión de trabajo para la descomposición metánica**

Otro factor a tener en cuenta, aunque solo afecta al proceso en circunstancias muy particulares, es la presión. Se ha llegado a constatar que a presiones del orden de 700 kg/cm<sup>2</sup>, los microorganismos aun cumplen su proceso metabólico, aunque muestran grandes dificultades para desarrollar su tarea, en cambio a presiones menores que la atmosférica, se vio que por debajo de 0.35 kg/cm<sup>2</sup> de presión absoluta, el proceso de metanización se detiene. A los efectos prácticos, para las condiciones usuales de presión a que se realiza la fermentación metánica, entre 0.7 y 1/4 kg/cm<sup>2</sup> de presión absoluta, la destrucción de sólidos volátiles es del orden del 60%, en las condiciones óptimas de temperatura y pH, para tiempos de retención entre 12 u 25 días.

## **Comportamiento de Gases sometidos a presión**

### **Humedad del Biogas**

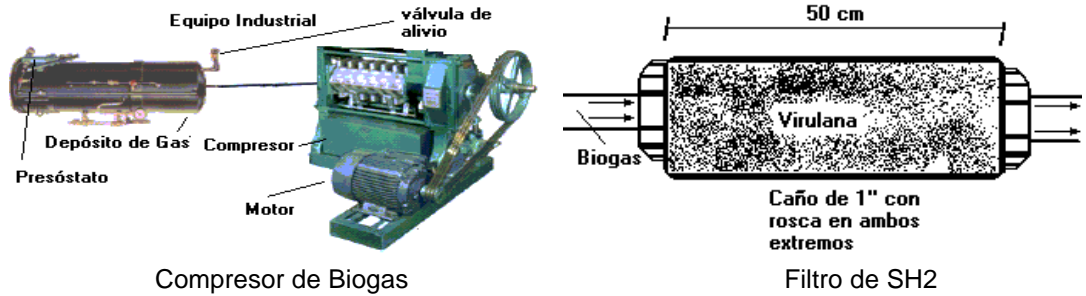
Las características naturales de generación del biogas hacen que este sea un gas naturalmente húmedo y que en las cañerías se almacene un elevado porcentaje de humedad, esta humedad no siempre es conveniente ya que disminuye las calorías por m<sup>3</sup>, produce oxidación de materiales y además obstruye cañerías, por lo que es conveniente su eliminación si queremos comprimir el biogas. Una forma de hacerlo es mediante filtros de silicato de silicio llamados comúnmente silicagel.

### **Sulfuro de Hidrógeno (SH<sub>2</sub>)**

En alguna bibliografía de origen inglesa puede figurar H<sub>2</sub>S que quiere decir lo mismo, este compuesto debe ser eliminado no solo porque es venenoso, sino que acelera el fenómeno de oxidación de una manera increíble, envejeciendo toda la instalación, esto se elimina fácilmente con un filtro de viruta de hierro o como se lo conoce en el mercado "virulana".

**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandi



## Referencias Industriales

### Comparación entre los distintos enviamientos de gases

En el mercado existe la famosa garrafa en cualquiera de las versiones conocidas, y el GNC para uso domiciliario, industrial o automotriz. Para compararlo con el biogás, primero debemos conocerlas, según el "Manual de Disposiciones y Normas mínimas para la ejecución de instalaciones domiciliarias Argentinas", que posee cualquier gasista matriculado, da la siguiente tabla:

<u>Referencia</u>	<u>Densidad</u>	<u>M3</u>	<u>Presión</u> <u>kg/cm2</u>	<u>Tipo</u>	<u>Peso</u>	<u>Calorías</u>	<u>Costo</u> <u>en \$</u>	<u>Energía</u> <u>ki/m3</u>
Garrafa de 10 kg	1.91	5.3 m3	3.3 +-10%	Grado 3	1.88 kg/m3	27482 cal/m3	30	115424
Garrafa de 15 kg	1.91	8 m3	3.3 +-10%	Grado 3	1.88 kg/m3	27482 cal/m3	37	115424
Garrafa de 45 kg	1.52	24 m3	3.3 +-10%	Grado 1	1.5 kg/m3	22380 cal/m3	105	93996
GNC, (tubo 6 m3 40.5 kg)	0.6	6 m3	201 +-5%	GNC	0.61 kg/m3	9300 cal/m3	0.749	37800
Nafta	0.73			Común	0.73 kg/litro	11200 kcal/kg	1.8	47040
Gas Oil	0.84				0.86 kg/litro	10900 kcal/kg	1.4	45780

(los precios están fijados en pesos, moneda argentina de vigencia nacional al 30/06/2004)

El gas Grado 1 y 3 es Gas Licuado de petróleo, compuesto por butano y propano, la diferencia entre ambos es que el 3 está un poco mas purificado para darle mas poder calorífico dado que los contenedores son mucho mas reducidos que los del gas grado 1. El GNC es una mezcla de gases combustibles cuyo componente mayoritario es el metano. Nuestro país posee yacimientos de gas natural en varias zonas, pero los más importantes son los de Comodoro Rivadavia, Plaza Huincul y Campo Durán por ser los más explotados y de mejor aprovechamiento, los gasoductos se extienden desde el norte, en la frontera con Bolivia, hasta el sur, en Tierra del Fuego, y desde el oeste, en Neuquén y Mendoza hasta llegar dentro de poco tiempo, al límite con el Uruguay. El GNC tiene impuesta una medida estándar, pero a lo largo de nuestro país encontramos que el gas en boca de pozo tiene características diferentes por ello las calorías no son iguales según se observa en la tabla.

<u>Lugar</u>	<u>Calorías</u>	<u>Densidad</u>
Gas natural Comodoro Rivadavia	9300	0,62
Gas natural seco residual	9000	0.6
Gas natural de Campo Durán	9600	0.64
Gas natural de Mendoza	13000	0.65
Gas natural Plaza Huincul	9300	0.62

Con los valores arriba mencionados se puede obtener el estudio de factibilidad de cualquier emprendimiento de Biodigestores, rendimiento, características mas comunes, etc.

### SUGERENCIAS SOBRE SEGURIDAD



**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandí

A lo largo de este trabajo se han ido mencionando los distintos peligros que atañe la operación de los digestores. No obstante vale la pena insistir, porque si se toman las debidas precauciones, los problemas potenciales quedan solucionados.

### **Resumiendo:**

- 1) Cuidar que no se produzcan mezclas del gas con el aire. Si se produce en las proporciones de 1:5 a 1:15, la combustión puede comenzar por una chispa producida por un interruptor de luz, una herradura, cigarrillo encendido, destellador fotográfico, etc.
- 2) Cuando se pone en marcha, la red de distribución está llena de aire, que hay que eliminar. Después de haber purgado el gasómetro o el digestor, de los primeros gases generados, cuando ya se tiene la producción normal, hay que dejar correr el gas por todas las cañerías y dejarlo escapar a la atmósfera, antes de intentar encenderlo. Para esto sugerimos que se ventilen los ambientes dado que la toxicidad del biogas es muy parecida al del gas natural.
- 3) Mantener siempre presión positiva en el digestor, gasómetro y líneas de distribución. Esto es para evitar la entrada de aire o un posible retroceso de llama.
- 4) Frente a cualquier duda que pueda indicar la posibilidad de un retroceso de llama, hay que colocar, trampas de llama, o mata fuegos, en las líneas próximas a los lugares de combustión.
- 5) Periódicamente constatar la inexistencia de pérdidas en la línea de gas, en todas las uniones, acoplamientos, válvulas, etc., de la instalación.
- 6) Asegurar la eliminación del SH<sub>2</sub>, sea para evitar su acción tóxica, como corrosiva, ya que esto último a la larga origina pérdidas y lo primero mata.



Fotografía de un biodigestor en funcionamiento.

## **Biodigestores para uso Industrial**

### **Utilización Del Biogas Para Generación De Electricidad**

En este trabajo se presentan los resultados de la utilización del biogas para generación de electricidad, llevados a cabo en la granja Pozo Verde, municipio de Jamundí (Valle del Cauca, Colombia). Dos motores diesel con sus respectivos generadores fueron adaptados para funcionar alimentados con biogas y combustible diesel (acpm). Este trabajo demuestra la factibilidad económica de integrar la producción de alimentos y energía de una manera sostenible.

La utilización de los Biodigestores además de permitir la producción de biogas ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol.
- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- Control de patógenos.

## **La Experiencia CIPAV en la utilización de Biodigestores**

### **Biodigestores en Reserva Natural Pozo Verde**

#### **Reservorio**

Como reservorio se instaló una bolsa del mismo material plástico de los Biodigestores, de 2.5 m de diámetro y 10 m de longitud, para una capacidad de almacenamiento de 49 m<sup>3</sup>.



**Apuntes Curso:** Generación de Gas mediante descomposición de residuos orgánicos.

**Autor:** Lucio Alfredo Díaz Grandi



Biodigestores continuos de la Reserva Natural Pozo Verde

### **Motores - generadores**

A partir del reservorio, el biogas es conducido por tubería hacia los motores. Se realizaron los ajustes necesarios para que el biogas ingrese al interior del filtro de aire, de tal manera que el motor al aspirar el aire que requiere para la combustión del acpm, aspira una mezcla de biogas-aire.

Los trabajos se han llevado a cabo utilizando 2 motores diesel:

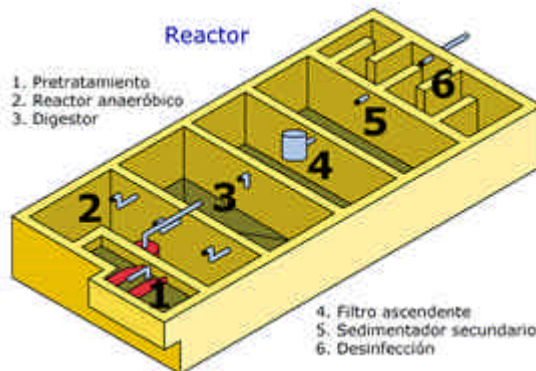
- Blackstone, 3 pistones, 100 kW de potencia (135 HP), acoplado a generador eléctrico de 92 kW.
- Perkins, 6 pistones, 74 kW de potencia (100 HP), acoplado a generador eléctrico de 63 kW.

### **Filtro para la captación del sulfuro de hidrógeno en el biogas**

En el biogas se encuentran cantidades variables de sulfuro de hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ), también denominado ácido sulfídrico. El  $\text{SH}_2$  al reaccionar con agua se convierte en ácido sulfúrico ( $\text{SH}_2\text{O}_4$ ) el cual es altamente corrosivo y puede ocasionar graves daños en el motor. Con el fin de eliminar o disminuir el porcentaje de  $\text{SH}_2$  en el biogas se emplean sistemas de filtro con sustancias como cal viva o apagada, limadura de hierro u otros.

## **Biodigestores especializados en Tratamiento de residuos Cloacales**

Este es un ejemplo de la diversificación de Biodigestores industriales, no solo existen aquellos que se especializan en el biogas, sino aquellos que les interesa el tratamiento de líquidos cloacales.



BIODIGESTORES MARCA COMERCORI

[www.comercori.com](http://www.comercori.com)