



Sistema de tratamiento del biogás en EDAR.  
Biolimp-MPdry  
El biogás una económica y ecológica fuente de energía.



*Si deseamos cuidar el medioambiente y hacer más limpio el aire que respiramos, por qué no invertir en tecnologías limpias y de futuro*

Las estaciones de depuración de aguas residuales (EDARs) son instalaciones que consumen grandes cantidades de energía (térmica y eléctrica), como resultado de su operación producen a su vez gran cantidad de lodos. La digestión anaerobia estos lodos, procedentes del tratamiento de aguas residuales, producen biogás, que por su concentración en metano (CH<sub>4</sub>) constituye un biocombustible factible de ser usado para la producción de energía.

La mejor opción para la gestión de este gas, dentro de las EDARs, es su uso en la generación de energía. De esta forma, por un lado, se satisfacen parte de las necesidades energéticas de la EDARs y, por otro lado, se evitan emisiones de gases efectos invernaderos.

El biogás es una mezcla de gases, formado principalmente por metano (CH<sub>4</sub>), CO<sub>2</sub>, vapor de agua y trazas de otros componentes. Por tanto, para un uso adecuado del biogás se requiere reducir su contenido de humedad y separar de él todos estos compuestos perjudiciales en la vida útil de los equipos involucrados en su aprovechamiento como biocombustible.

Para una adecuada operación del sistema de cogeneración a biogás se requiere una limpieza de este gas con vistas a eliminar sus contaminantes, con costes de operación adecuado y alta eficiencia de limpieza.

Actualmente, el aprovechamiento energético del biogás generado en plantas depuradoras se ve afectado por la aparición de compuestos, tales como, los siloxanos y el sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S) principalmente y en menor medida por la aparición de hidrocarburos de diferentes tipos.

La importancia de la gestión del biogás se puede resumir desde los puntos de vista siguientes.

1. **Medioambiental.** Evitar emisiones de gases tóxicos y de efecto invernadero a la atmósfera (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S).
2. **Energético.** Producción de energía térmica y eléctrica, así como materia para la producción de otros combustibles (GN, H<sub>2</sub>, Metanol).
3. **Gestión.** La valorización energética de diferentes tipos de residuos portadores de carga orgánica.

En términos generales una instalación de biogás cuenta de las etapas siguientes.

- a) **Producción/generación de biogás.** Sistema de producción (vertedero o biodigestor).
- b) **Captación y acondicionamiento.**
- c) **Uso/aplicación.** Generación de energía, producción de biocombustible o productos químicos.

El diagrama de flujo de la figura 1 muestra una instalación típica de tratamiento de lodos de EDAR vía mecanización, con aprovechamiento del biogás con vistas a satisfacer las necesidades energética del propio proceso y venta de la energía excedente a red.

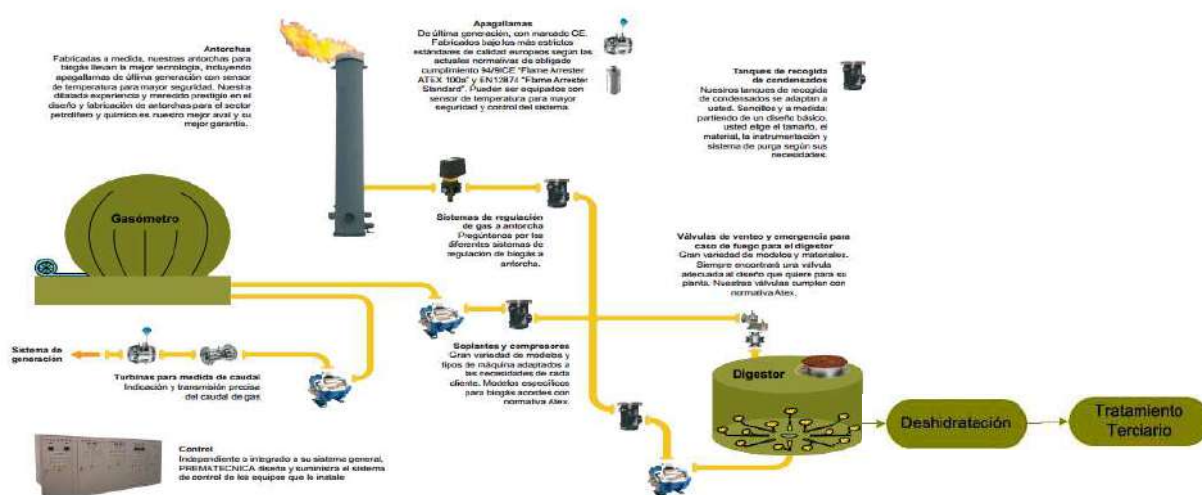


Figura 1. Instalación de tratamiento de lodos vía digestión anaerobia con vistas al aprovechamiento del biogás como biocombustible.

### Producción del biogás.

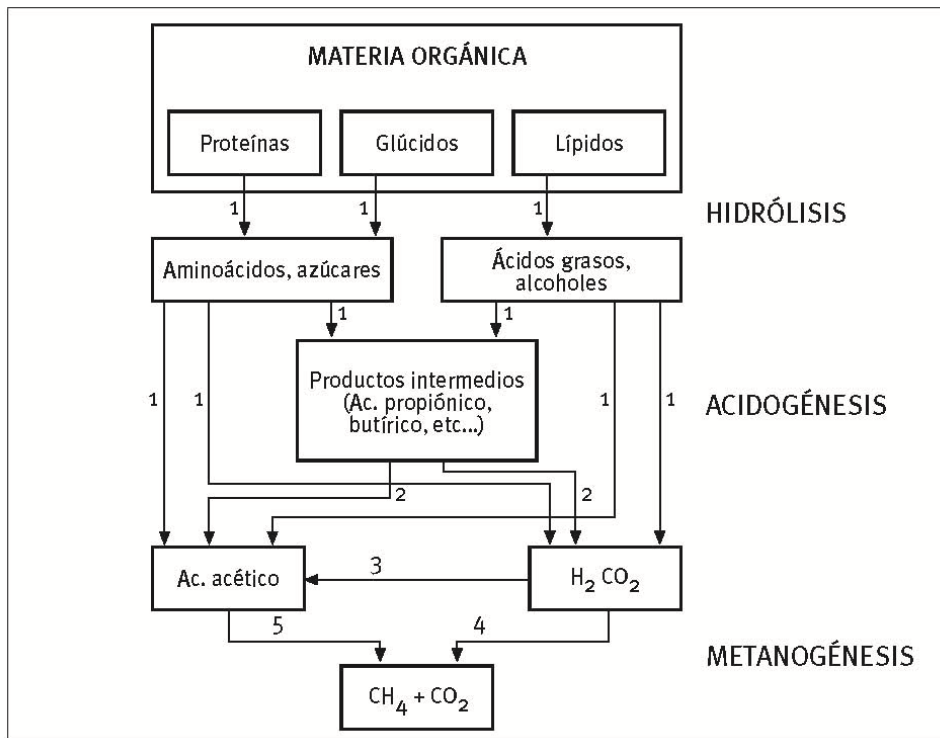
#### La digestión anaerobia como vía de tratamiento y valorización de los lodos.

Procesos biológicos anaerobios. Se trata de un proceso que degrada materia orgánica en ausencia de oxígeno. Se emplea para estabilizar el fango, transformándolo en un producto adecuado para su disposición final o procesada con otros tratamientos.

Tradicionalmente se instalaba en plantas grandes, pero actualmente se instalan en plantas de menor tamaño debido a motivos económicos (aprovechamiento del gas de digestión).

Este proceso no requiere aporte de oxígeno (lo cual supone una ventaja económica), permite emplear metano de combustible, y el lodo obtenido está ya estabilizado. Sin embargo, requiere un largo periodo de arranque si no se usa inóculo, es muy sensible a las variaciones de condiciones ambientales, y su eficiencia en la eliminación de materia orgánica es menor que en los procesos aerobios.

Se desarrolla la fermentación bacteriana de la materia orgánica con producción de metano, en un recinto cerrado en ausencia de aire. El fango está compuesto principalmente por carbohidratos, lípidos y proteínas. Durante la digestión anaerobia se desarrollan los siguientes procesos.



*Figura 2. Reacciones químicas desarrolladas durante la digestión anaerobia. Proceso de digestión anaerobia.*



*Figura 3. Reactor anaerobio de digestión de lodos de EDAR.*

### **Producción de biogás**

La producción y la composición del biogás esta íntimamente ligada con la carga orgánica del lodo a tratar y con el tipo de proceso elegido, así como, con los posibles tratamientos previos a la materia que se someten al proceso de digestión. En general, para plantas de aguas residuales urbanas, está compuesto por:

**Tabla 1.** Producción de biogás a partir de diferentes tipos de residuos.

Tipo	Contenido orgánico	Sólidos volátiles (%)	Producción de biogás (m <sup>3</sup> /tonelada)
Intestinos + contenidos	Hidratos de carbono, proteínas, lípidos	15-20	50-70
Fangos de flotación	65-70% proteínas, 30-35% lípidos	13-18	90-130
BBO (tierras filtrantes de aceites, con bentonita)	80% lípidos, 20% otros orgánicos	40-45	350-450
Aceites de pescado	30-50% lípidos	80-85	350-600
Suero	75-80% lactosa, 20-25% proteínas	7-10	40-55
Suero concentrado	75-80% lactosa, 20-25% proteínas	18-22	100-130
Hidrolizados de carne y huesos	70% proteínas, 30% lípidos	10-15	70-100
Mermeladas	90% azúcares, ácidos orgánicos	50	300
Aceite soja/margarinas	90% aceites vegetales	90	800-1000
Bebidas alcohólicas	40% alcohol	40	240
Fangos residuales	Hidratos de carbono, lípidos, proteínas	3-4	17-22
Fangos residuales concentrados	Hidratos de carbono, lípidos, proteínas	15-20	85-110

La digestión anaeróbica de estos fangos produce un gas con un contenido aproximado de un 55%-65% de metano (CH<sub>4</sub>) un 30%-40% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros porcentajes de gases residuales. En las modernas plantas el gas se almacena en un gasómetro y una vez sometido a un tratamiento para la eliminación de compuestos contaminantes o corrosivos se utiliza como combustible en motores especialmente preparados para consumir el mismo.

La medición del dióxido de carbono se relaciona con la alcalinidad y la acidez, constituye un buen indicador de estabilidad de la digestión.

### **Composición del biogás.**

Actualmente podemos hablar de dos tipos básico de biogás de acuerdo con su origen.

- a) **De sistema no controlado**, es decir, de digestión natural, por ejemplo, el más clásico, biogás proceden de vertederos: caracterizado por la presencia básica de: siloxanos ↑, hidrocarburos halogenados ↑, humedad, ↑ y a veces H<sub>2</sub>S, etc.
- b) **De sistema controlado (biodigestores)**. Por ejemplo, los biogases proceden de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs). La producción se lleva a cabo por medio de diferentes tipos de reactores (mezcla completa, de flujo en pistón, lecho fluidizado, etc.), de procesos psicrófilos (por debajo de 25°C), mesófilos (entre 25 y 45°C) y termófilos (entre 45 y 65°C) y de proceso seco o húmedo en dependencia de la cantidad de sólidos que intervienen en el proceso de digestión. Cualquiera que sea el proceso seleccionado este estará controlado en cuanto a sus variables de proceso fundamentales (temperatura, pH, carga orgánica, tiempo de retención, humedad, agitación, etc.). Existen diferentes equipos dónde se desarrolla este proceso. En este caso uno de los más comunes es el reactor de tanque agitado.

En este último caso en dependencia del sustrato a tratar podemos encontrar.

- 1) De aguas residuales (EDAR), caracterizado por la presencia básica de (siloxano, H<sub>2</sub>S) ↑, humedad ↑, NH<sub>3</sub>, espumas y partículas, etc. Es el más complejo de todos por la cantidad de componentes que en el aparecen.
- 2) Biogás FORSU. Cuando el sustrato lo constituye la fracción orgánica proceden de los residuos sólidos urbanos (RSU). caracterizados por la presencia de (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>) ↑, humedad, etc.
- 3) Biogás agroindustrial. Cuando se digieren subproductos y residuos de los sectores agrícola, ganadero o la industria agrícola. de (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>) ↑, humedad, etc.
- 4) Biogás de la industria alimenticia. Residuos cárnicos, subproducto de la industria cervecera, lechera, etc. de (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>) ↑, humedad, etc.

La tabla N<sup>a</sup> 1 muestra la composición básica de algunos tipos de biogás antes mencionados y, el efecto que posee cada uno de sus componentes cuando es usado con fines energéticos, en dependencia del sustrato a digerir y del tipo de digestión (controlada o natural).

Tabla 1. Composición típica del biogás de diferentes procedencias.

Gases	Residuos Agrícolas Agricultural Waste	Lodos de depuradora WWTP Sludge	Residuos Industriales Industrial Waste	Vertederos, RSU MSW Landfills	Efecto Effect
	(%)	(%)	(%)	(%)	
Metano / Methane	50-80	50-80	50-70	45-65	Combustible
CO <sub>2</sub>	30-50	20-50	30-50	34-55	Inerte   Inert
Vap H <sub>2</sub> O	Saturación   Saturation	Saturación   Saturation	Saturación   Saturation	Saturación   Saturation	Perjudicial   Harmful
H <sub>2</sub>	0-2	0-5	0-2	0-1	Combustible
H <sub>2</sub> S	100-7000 ppm	0-1	0-8	0,5-3000 ppm	Corrosiva   Corrosive
NH <sub>3</sub>	50-100 mg/m <sup>3</sup>	Trazas   Traces	Trazas   Traces	Trazas   Traces	Corrosiva   Corrosive
CO	0-1	0-1	0-1	Trazas   Traces	Combustible
N <sub>2</sub>	0-1	0-3	0-1	0-20	Inerte   Inert
O <sub>2</sub>	0-1	0-1	0-1	0-5	Corrosiva   Corrosive
Siloxanos   Siloxanes	NR	0-100 mg/m <sup>3</sup>	NR	0-50 mg/m <sup>3</sup>	Abrasiva   Abrasive
HCH	NR	Trazas   Traces	NR	10-4000 mg/m <sup>3</sup>	Perjudicial   Harmful

NR: No reportados | NR: Not Reported.  
HCH: Hidrocarburos pesados y halogenados (Cl, F, Br) | HHC: Heavy hydrocarbons and halogenated compounds (Cl, F, Br)

### Sistema de captación del biogás.

El biogás una vez producido alcanza una sobrepresión dentro del digestor próxima a los 20 mbar, presión que le permite salir del digestor y llegar al sistema de almacenamiento vía gasómetro de doble membrana. Pero no cuenta con la presión suficiente para su acondicionamiento y entrega a sistema de cogeneración (calderas, motores o turbinas). Por ello requiere una elevación de su energía mecánica por medio de una máquina de flujo (soplante), típica para este tipo de instalación.



Figura 4. Sistema de almacenamiento del biogás. Gasómetro de de baja presión de doble membrana

Antes de llegar al gasómetro, el biogás procedente del biodigestor, se le debe de eliminar el exceso de húmeda, espuma y partículas que viajan con el y que pueden ocasionar el mal funcionamiento de la instalación, incluyendo la maquina de flujo y el sistema de cogeneración.



*Figura 5. Sistema de eliminación de humedad y espuma en el biogás.*

Para ello se utilizan los filtros de grava y cerámicos que eliminan este tipo de impurezas, típico de este tipo de instalación de producción de biogás.

#### ***Sistema de tratamiento del biogás. Limpieza del biogás.***

El biogás es una mezcla de gases, formado principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ),  $\text{CO}_2$ , vapor de agua y trazas de otros componentes ( $\text{H}_2\text{S}$ , siloxanos,  $\text{NH}_3$ , hidrocarburos y otros). Para un uso adecuado se requiere reducir su contenido de humedad y separar de él todos los compuestos perjudiciales en la vida útil de los equipos involucrados en su aprovechamiento como biocombustible.

Entre tales compuestos se pueden citar: el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), los siloxanos, los hidrocarburos halogenados, el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y otros como las partículas y espumas.

#### ***Vapor de agua.***

El vapor de agua disminuye drásticamente el PCI del biogás; por tal motivo, se ve afectado el rendimiento energético de los equipos involucrados en su utilización como biocombustible (motores, turbinas, calderas, quemadores, etc.). Por ello es adecuado, antes de ser utilizado, disminuir al máximo su contenido de humedad por cualquier método. A su vez, esta eliminación se hace necesaria para evitar la acumulación de condensados en la línea de gas y, con ella, evitar la formación de ácidos corrosivos, así como, la obturación de las tuberías por acumulación y a veces por formación de hielo.



### ***Hidrocarburos halogenados.***

Los hidrocarburos tanto los de alto peso molecular, así como los halogenados, particularmente aquellos que poseen cloro y fluor, deben de ser eliminados. Éstos están presentes fundamentalmente en el gas de vertedero. Causan corrosión en los motores de generación, principalmente en la cámara de combustión, válvulas y cabeza de cilindros. Por ello, los fabricantes de motores solicitan un límite máximo de hidrocarburos halogenados.

### ***Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).***

La desulfuración del biogás es necesaria para prevenir la corrosión y evitar concentraciones tóxicas de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S). Cuando el biogás se quema se forman óxidos de azufre tales como: SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> que son aún más venenosos que H<sub>2</sub>S que le dio origen. Al mismo tiempo, la SO<sub>2</sub> baja el punto de condensación del gas de escape (humos) existiendo la posibilidad de formación del ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) que es altamente corrosivo.



*Figura 6. Planta de limpieza del biogás. Eliminación de contaminantes (humedad, Siloxanos y H<sub>2</sub>S)*

Por otro lado, el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) al mezclarse con la humedad del aire (agua) o con la propia humedad del biogás en la cámara de combustión de los motores o calderas forma ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) que ataca a las diferentes partes metálicas del mismo, particularmente a los que contienen cobre (Cu), bronce, hierro u otro material, reduciendo considerablemente las prestaciones de estas partes.

Además, en el caso de los motores contamina al lubricante produciendo emisiones de óxidos de azufre en los gases de escape, nocivos para el medio ambiente.

**Nuestro compromiso con el medioambiente va más allá de la solución.**

### **Siloxanos.**

Entre los componentes de mayor incidencia en el aprovechamiento energético del biogás generado en vertedero y/o en plantas depuradoras están los siloxanos, los cuales producen daños en los motores empleados reduciendo la vida útil de los mismos por el efecto abrasivo que producen en las partes internas de éstos.

Este efecto se debe a la deposición de sílice que se produce en las diferentes partes como resultado de la combustión que tiene lugar en la parte interna del motor.

### **La producción de energía.**

Los lodos de depuración de aguas residuales de los tratamientos primarios y secundarios que se producen en Estaciones de Depuración de aguas pueden someterse a la tecnología de digestión anaerobia para la producción de biogás, lo que resulta especialmente interesante, cuando se considera una aplicación energética del biogás producido a partir de la cifra de 100.000 habitantes. En la actualidad, la utilización energética del biogás generado a partir de este tipo de residuo ha alcanzado un importante gradote desarrollo.

La generación de energía (electricidad y calor) empleando biogás como combustible se puede realizar empleando diferentes tipos de máquinas especialmente adaptados para quemar este tipo de gas de bajo poder calorífico y de una composición química muy diferentes a los combustibles convencionales similares al gas natural.

La combustión del biogás para uso térmico es menos frecuente que para uso eléctrico, y se centra fundamentalmente en la producción de calor para la calefacción del propio digestor que opera a temperatura de unos 38 °C.



*Figura 7. Módulos de cogeneración a partir del biogás.*

La generación de energía (electricidad y calor) empleando biogás como combustible se puede realizar empleando diferentes tipos de máquinas especialmente adaptados para quemar este tipo de gas de bajo poder calorífico y de una composición química muy diferentes a los combustibles convencionales similares al gas natural.

La combustión del biogás para uso térmico es menos frecuente que para uso eléctrico, y se centra fundamentalmente en la producción de calor para la calefacción del propio digestor que opera a temperatura de unos 38 °C.

*Su grupo de proyectos llaves en mano para la solución en la gestión de sus residuos.*



## **Energy & Waste Engineering, S.L.**

*Nuestro grupo de expertos le  
Ayuda a elegir la tecnología que satisface sus necesidades.*

Nuestro compromiso con el medioambiente va más allá de la solución.



*Su aliado en la ingeniería, construcción, suministro, desarrollo y aplicación de las energías renovables.*



*Energy & Waste.S.L.  
Aguas, Energía y Residuos  
Industria del Medioambiente.*

Nuestro compromiso con el medioambiente va más allá de la solución.