

## CURSO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE BIODIGESTIÓN DE PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA

### UNIDAD IV: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN PLANTAS DE BIODIGESTIÓN

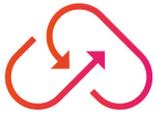
Con el fin de lograr un diseño adecuado y fomentar las buenas prácticas en la operación de las plantas de biogás, se analizarán las principales medidas de seguridad a tener en cuenta, así como la nomenclatura sugerida. Al momento, no existen en Argentina normativas específicas respecto al manejo y operación de plantas de biogás. Es por esto que, hasta el momento, la normativa a seguir se encuadra en lo contemplado en la Ley N° 19.587 y su decreto reglamentario N° 351/79. Entre los principales riesgos se encuentran la contaminación biológica, el fuego y la atmósfera explosiva. Adicionalmente, existen riesgos inherentes cualquier planta, como las caídas, descargas eléctricas, quemaduras, etc.

#### RIESGOS ASOCIADOS AL BIOGÁS

En primer lugar, se deben analizar las características del gas con el que se va a trabajar, y compararlo con las de otros gases utilizados en la industria. Para eso, se presenta la siguiente tabla (1).

	BIOGÁS (60%METANO)	GAS NATURAL	PROPANO	METANO	HIDRÓGENO
Poder calorífico (kWh/m <sup>3</sup> )	6	10	26	10	3
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Densidad con respecto al aire	0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Temperatura de ignición (°C)	100	650	470	595	585
Velocidad máx. propagación llama en aire (m/s)	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
Rango de explosividad (%v/v)	6,0 - 22,0	4,4 - 15	1,7 - 10,9	4,4 - 16,5	4,0 - 77,0
Consumo de aire teórico (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	5,1	9,5	23,9	9,5	2,4

Como se puede observar desde el punto de vista de la seguridad, la velocidad de propagación de la llama en el aire es la más baja con respecto al resto de los gases. El riesgo de explosividad es el más bajo de todos los gases examinados. Para analizar la explosividad, además de el número que se muestra, se debe considerar que el biogás siempre se almacena a baja presión (~ 20 cm de columna de agua) y en muy baja cantidad, comparado por ejemplo con el Gas Licuado del Petróleo (GLP). Si tomamos un ejemplo de un gasógeno standard que almacena 700 L de biogás, y sabiendo que se necesita un 7 % de gas en un espacio confinado para que haya una explosión, va a ser difícil que con una fuga en ese gasógeno pequeño alcance esa cantidad de gas. En cambio, normalmente las personas almacenan el GLP en garrafrones de 14000 L, y como el porcentaje de explosividad es de 4,4 %, es mucho más probable que



mediante una fuga pequeña alcance el punto de explosividad. Por lo tanto, en cuanto a riesgo de explosión, el biogás sería de los más seguros.

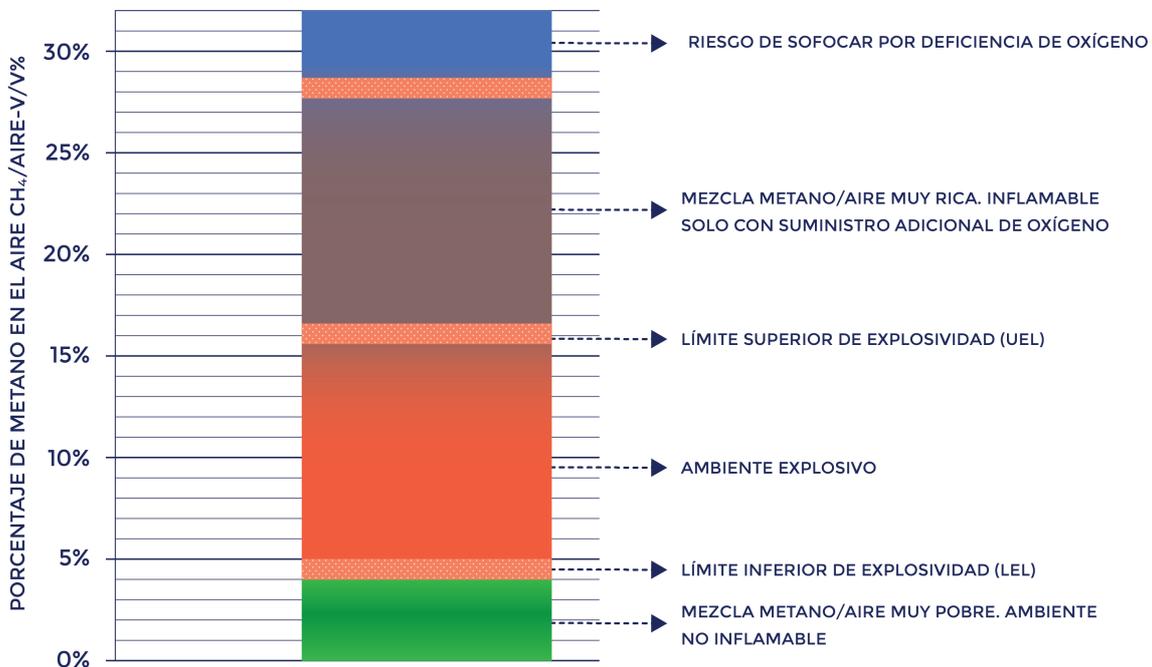
Es necesario según establecido por la ley contar con la presencia de especialistas matriculados en la instalación y supervisión de toda la línea de biogás, para así minimizar los riesgos a los que puede exponerse el personal. El biogás se define como un gas altamente inflamable por lo cual se combustiona en presencia de chispas eléctricas, flamas y cigarrillos. Es por esto por lo que no debe haber fuentes de ignición cerca de los dispositivos de almacenamiento de biogás (aproximadamente a 1 m a la redonda).

A continuación, definiremos dos conceptos importantes a tener en cuenta respecto a los riesgos de explosividad(1):

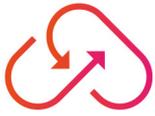
*Límite inferior de explosividad:* Para la formación de una mezcla explosiva, el combustible debe tener una suficiente concentración en el aire atmosférico. La mínima concentración requerida para iniciar un fuego o explosión es conocida como límite inferior de explosividad (LEL). Normalmente corresponde a un porcentaje en volumen de combustible en el aire, de esta manera, si la concentración del combustible es menor al LEL no será explosivo o inflamable.

*Límite superior de explosividad:* De forma similar, si la concentración de gas es demasiado rica en el aire atmosférico, no habrá ignición por falta de oxígeno que sostenga el fuego o una explosión. Sobre este límite de concentración no será una condición peligrosa y es conocido como límite superior de explosividad (UEL).

El presente gráfico (1) presenta los límites de explosividad del biogás:



Como medios de extinción del fuego se recomienda utilizar: Rocío de agua, polvo químico seco y dióxido de carbono.



## RIESGO DE ASFIXIA

Los gases que evitan la absorción de oxígeno en las células humanas se denominan asfixiantes. Hay dos categorías de asfixiantes: simples y químicos. Un asfixiante simple desplaza el oxígeno y los asfixiantes químicos reducen la capacidad del cuerpo para absorber, transportar o utilizar oxígeno inhalado. Los gases asfixiantes están presentes dondequiera que haya almacenamiento de un material orgánico. Dentro de los componentes típicos del biogás encontramos:

- Asfixiantes simples: dióxido de carbono y metano
- Asfixiantes químicos: amoníaco y sulfuro de hidrógeno

En general las cantidades peligrosas de gases se hallan dentro de estos valores:

Deficiencia de oxígeno– menos de 19.5 % por volumen de aire

Sulfuro de hidrógeno– más de 15 ppm

Amonio – más de 300 ppm

Dióxido de carbono – más de 40.000 ppm

**Por esta razón se recomienda colocar sensores de gases con alarma en las paredes de espacios dónde podrían acumularse gases.**

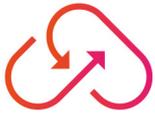
Para transitar en las zonas (confinadas) de posible presencia de biogás, se recomienda contar con una mascarilla de medio rostro con filtros para gases orgánicos, además de un sensor portátil de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), con alarmas sonoras y vibrantes de alto nivel (8 ppm) y alto-alto nivel (15 ppm).

## RIESGO DE ELECTROCUCIÓN

Con el fin de disminuir los riesgos de electrocución, se recomienda aplicar la cobertura reglamentaria a las fuentes de energía eléctrica de manera de aislarlas ante cualquier chispa que pueda surgir. Cuando la fuente de energía eléctrica es mayor a 600 V se considera alto voltaje. En los establecimientos donde haya transformadores de alto voltaje es recomendable colocarlos en la tierra y aislarlos de posibles contactos con gas.



Cuando la fuente de energía eléctrica es de menos de 600 V se considera de bajo voltaje. Enchufes, interruptores, fusibles, etc., deben estar aislados con cobertura de plástico para evitar la formación de arcos.



## RIESGO BIOLÓGICO

Los residuos de origen animal y humano pueden contener varias bacterias patógenas (ej. *Salmonella*, *Enterobacter*, *Clostridia*, *Listeria*, etc), parásitos (ej. *Ascaris*, *Trichostrangylidae*, *Coccidae*), hongos, virus (3,4) y podría representar un riesgo biológico ocupacional y ambiental. El control efectivo de los patógenos se puede realizar aplicando ciertas medidas:

- 1) Control de la salud del ganado: **No se debe suministrar estiércol animal y lodo de ningún ganado con problemas de salud.**
- 2) Control de la materia prima: **Los tipos de biomasa con alto riesgo de contaminación por patógenos deben ser excluido de la digestión anaeróbica.**
- 3) En el caso de tener dudas sobre la materia prima y no poder realizar un pre-saneamiento por separado, la combinación de un proceso de biodigestión a alta temperatura y un tiempo de retención mínimo proporcionarán una reducción efectiva de patógenos e inactivación en digestato.

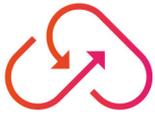
Es de vital importancia **controlar las normas de higiene** en las plantas de biogás. Si las normas de higiene y las medidas de protección se toman adecuadamente, no surgirán problemas. Sin embargo, si los empleados sufren dolores de cabeza, mareos, diarrea o irritación de la piel, el control y la eficiencia de las medidas de protección personal deben ser verificadas inmediatamente.

### Las medidas de higiene personal incluyen:

- ✓ Todas las personas que trabajen con el digestor deben tener al día la vacuna antitetánica.
- ✓ Uso de **guantes y gafas** de protección. De ser necesario, también **protección auditiva**.
- ✓ Al momento de manipular el estiércol se recomienda usar **barbijo** para evitar la entrada de hongos y actinomicetes inhalables.
- ✓ **La desinfección y el lavado de manos** antes de los descansos.
- ✓ **Comer, beber y fumar debe prohibirse** en el lugar de trabajo (área de la planta).
- ✓ La ropa de trabajo debe almacenarse y lavarse por separado de la ropa privada de acuerdo con las buenas prácticas para prevenir la propagación de patógenos.
- ✓ **Cuidado de la piel:** provisión de instalaciones para el lavado y la desinfección, y productos de protección y cuidado de la piel. Por ejemplo, ducha de seguridad y lavaojos.
- ✓ **Los empleados y visitantes deben recibir instrucciones sobre peligros** y medidas de protección antes de asumir sus tareas.
- ✓ Cerco perimetral en lugares públicos y transitados.
- ✓ Extintores de incendio.
- ✓ Botiquín de primeros auxilios.
- ✓ Si el digestor es doméstico y se alimenta con residuos de cocina, primero se debe cocinar, y luego cargar el digestor con los desechos. Es decir, nunca manipular el biodigestor al mismo tiempo que se manipulan los alimentos.

## RIESGO MECÁNICO

Según las estadísticas de los países que tienen muchos años de experiencia trabajando con plantas de biogás, la mayor parte de los accidentes (>80 %) registrados son de carácter mecánico, y ocurren principalmente realizando tareas de mantenimiento (2).



Entre los accidentes registrados se encuentran: Caídas en tanques, en un área de construcción, desde el silo, de la escalera. Además, se pueden nombrar los golpes, contusiones, cortes.



Se recomienda para la protección de caídas que, si la planta de Biogás tiene lugares elevados, los operarios deben usar arnés. Si se utilizan escaleras, asegurarlas con sujetadores o sogas. Es decir, tratar de anticiparse a un posible accidente.

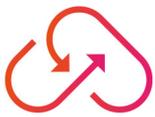
Las cañerías que contienen líquidos calientes o gases de escape pueden presentar riesgos potenciales de **quemaduras**. Otras posibles fuentes de quemaduras son los intercambiadores de calor, las bombas o los generadores de motores. Apoyarse o colocar accidentalmente una mano en una tubería caliente puede provocar quemaduras graves. Se debe advertir a todos los empleados y visitantes que no toquen ningún equipo o ducto. **Se deben señalar las cañerías que puedan estar a altas temperaturas y de ser posible aislarlas para así también evitar pérdidas de calor.**

Los tanques y estanques líquidos para el almacenamiento representan una amenaza de ahogamiento. Siempre que exista un potencial de ahogamiento, salvavidas circular, cuerdas o escaleras deben estar disponibles para su uso con fines de rescate. Además, la presencia de Biogás en el estiércol producirá más ahogo. **Se recomienda colocar carteles de advertencia y cerco perimetral.**

#### PLAN DE EMERGENCIA O CONTINGENCIA

El Plan de Emergencia es un instrumento que contiene, de manera ordenada y organizada, las acciones y procedimientos a poner en marcha, los roles y funciones del recurso humano, y los recursos técnicos, materiales y financieros destinados a la respuesta ante una situación de emergencia o desastre y ser eficaz frente a una emergencia real o simulada.

Para enfrentar de manera eficiente un evento de emergencia, se requiere preparar con anticipación un conjunto de medidas que faciliten en el instante de la emergencia, la toma de decisiones, la toma de responsabilidades y el emprendimiento de acciones que resguarden la seguridad de las personas. Así mismo, deben contar con un plan de evacuación al efecto de retirar personas de un lugar determinado en emergencias causadas por desastres, ya sean naturales, accidentales o naturales.



## REQUISITOS DE SEGURIDAD DE LAS PIEZAS DE TRANSPORTE DE GAS

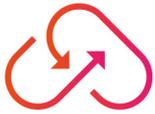
Las piezas de transporte de gas de la planta de biogás deberán protegerse frente a influencias y daños químicos, climatológicos y - en áreas vulnerables - mecánicos (p. ej. defensas protectoras contra impactos por colisión en áreas donde circulan vehículos).

Se debe tener en cuenta que las tuberías deben ser resistentes al contenido que transportan y a la corrosión. Materiales resistentes al biogás son por ejemplo el acero inoxidable, polietileno (PE-HD) y PVC-U. También es importante destacar que las tuberías de PVC no son resistentes a los daños por la radiación solar, por lo que mostrarán un pronto deterioro si están expuestos a la misma.

## SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

Es de suma importancia que la planta cuente con una adecuada señalización de seguridad, para así mejorar la prevención de accidentes. Así mismo, deben estar colocados y señalizados los extintores de incendios y los elementos de seguridad ya mencionados. A continuación se muestran algunos ejemplos de lugares correctamente señalizados.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Brunsley Elliot Stambuck. Curso de Formación Especializada En Biogás para Profesionales. Modulo 8 - seguridad. GIZ.
2. Manuel Maciejczyk. Seguridad en plantas de biogás: Peligros y medidas de seguridad. Asociación Alemana de Biogás. Taller de Seguridad en Biogás, 2017.
3. Ritari J. et al. Molecular analysis of meso- and thermophilic microbiota associated with anaerobic biowaste degradation. *BMC Microbiology* **12**:121. 2012.
4. Sahlström L. A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants. *Bioresour Technol.* **87**(2):161-6. 2003.