



Nuevas tecnologías para la valorización del biogas generado en las EDARs

Aspectos técnicos del prototipo diseñado para la desulfuración del biogas versus métodos tradicionales

Jueves 18/01/2024



www.inerco.com

PONENTE



Jesús Manuel Tagua Gonzalez
Director Gerente, INERCO Biogas
Ingeniero Químico Superior + Postgrado
en tratamiento de aguas residuales

Área de Biogás/Biometano
DIVISIÓN DE TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS Y
DESCARBONIZACIÓN

INERCO EN CIFRAS



1984

Año de fundación

600

Profesionales
Altamente
Cualificados

Sedes en

10

Países

Proyectos en

+70

Países

Inversión anual

800K €

I+D+i

TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS Y DESCARBONIZACIÓN

**R&D&I, Ingeniería, Compras, Gestión de Proyectos, Integración y Construcción
de Sistemas Energéticos, Descarbonización y Transición Energética**



¿QUIENES SOMOS?



¿Quiénes somos?

- Especialistas en **procesos industriales y ambientales**
- Orientados a la **Recuperación de materia y energía**
- Apuesta por la **“Economía Circular Integral”**
- Expertos en **Generación de Biogás y Upgrading de Biometano**

¿Cómo lo hacemos?

- Equipo **multidisciplinar**
- Más de **15 años de experiencia**
- Calidad como **principio fundamental**
- Seguimiento de **tendencias legislativas**
- Incorporación de **novedades tecnológicas**

Principales referencias en EDARs

CONSULTORÍA/INGENIERÍA



- **Proyecto constructivo** para la instalación de dos cogeneradores en la EDAR de Benidorm (Alicante).
- **Proyecto constructivo** para la instalación de un módulo de cogeneración en la EDAR Monte Orgegia (Alicante)

A disposición listado de referencias extendido



Línea de biogás en EDAR Monte Orgegia



Cogenerador en EDAR Monte Orgegia



Cogenerador en EDAR Benidorm

Principales referencias

SUMINISTROS



- **ACOSOL Aguas de la Costa del Sol**- Acuerdo marco suministro 400 Tn reactivo desulfuración digestores EDAR's
- **Aguas Municipales Mixtas de Alicante** – Válvulas para biogás, apagallamas y purgadores de condensados.
- **Promindsa**. Suministro de instalación de dosificación de reactivo de desulfuración sólido en forma de suspensión para EDAR Lagares en Vigo.
- **INIMA**. Revisión de antorcha y suministro de sonda certificada para control ambiental.

+ 100 referencias en suministros de equipación especial para biogás/biometano: válvulas, apagallamas, instrumentos, filtros, potes, antorchas, etc

Algunos clientes relevantes:



Principales referencias

INSTALACIONES



- **Planta digestión anaerobia** de lodos de depuradora en EDAR Crevillente.
- **Sistema de pasteurización** (70°C @1h) de sustrato/lodos de 20m³/h con recuperación de calor
- **3x Cubiertas para digestores** de 28 m de diámetro en EDAR Guayaquil (Ecuador)
- **Suministro y montaje de salas de calderas y salas de bombeo contenerizadas** en Reino Unido
- **Montaje de equipos, piping y eléctrico** en +50 plantas de biogás/biometano en España, Francia, Reino Unido, Bélgica, Holanda y otros.

A disposición listado de referencias extendido.

Algunos clientes relevantes:



Sistema de pasteurización en continuo con recuperación de calor para 20.000 kg/h

Principales referencias en EDARs

CONSTRUCCIÓN

Ciclagua



- Construcción de digester anaerobio e instalación de cogenerador de 30 kW en EDAR Crevillente (Alicante)
- Instalación de grupo cogeneradores de 2x330 kW en la EDAR de Benidorm (Alicante)

En ejecución:

- Suministro e instalación de cogenerador de 600 kW para la EDAR de El Bobar (Almería)

A disposición listado de referencias extendido



Construcción de digester en EDAR Crevillente

Índice General

1

Tipos de biogás según procedencia

2

Origen del H₂S

3

Problemática del H₂S

4

Límites del H₂S según aplicación

5

Procesos de eliminación del H₂S en EDARs

6

Comparativa carbón activo versus absorbentes base hierro

7

Caso práctico técnico-económico

1

Tipos de biogás según la procedencia

1. TIPOS DE BIOGAS SEGÚN PROCEDENCIA



TIPOS DE BIOGÁS Y COMPOSICIÓN SEGÚN LA PROCEDENCIA

PARÁMETROS	RESIDUOS GANADEROS	RESIDUOS AGRÍCOLAS	LODOS DE DEPURADORAS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	GAS DE VERTEDERO
CH ₄ (%)	50-80	50-80	50-80	50-70	45-60
CO ₂ (%)	30-50	30-50	20-50	30-50	40-60
H ₂ O (%)	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
H ₂ (%)	0-2	0-2	0-5	0-2	0-0.2
H₂S (ppm)	0-10.000	100-700	0-10.000	0-80.000	0-10.000
NH ₃ (ppm)	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	1000-10000
CO (%)	0-1	0-1	0-1	0-1	0-0,2
N ₂ (%)	0-1	0-1	0-3	0-1	2-5
O ₂ (%)	0-1	0-1	0-1	0-1	0.1-1
ORGÁNICOS (%)	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	0.01-0.6

2

Origen del H₂S

2. ORIGEN DEL ÁCIDO SULFHÍDRICO

ORIGEN DEL ÁCIDO SULFHÍDRICO (H₂S)

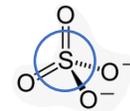
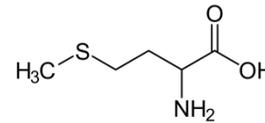
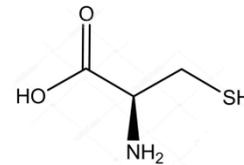


ORIGEN ORGÁNICO DEL AZUFRE (AMINOÁCIDOS PROTEICOS)

- SANDACH
- ESTIÉRCOL
- LODOS RESIDUALES
- RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
- RESIDUOS INDUSTRIALES
- RESIDUOS AGRARIOS

ORIGEN INORGÁNICO DEL AZUFRE

- SULFATOS EN AGUA
- SULFATOS EN MATERIA PRIMA



Condiciones anaerobias

3

Problemática del H₂S

3. PROBLEMÁTICA DEL H₂S



PROBLEMÁTICA DEL H₂S

INHIBICIÓN DE LA METANOGÉNESIS

Las bacterias sulfato-reductoras compiten con las metanogénicas por los mismos sustratos.



Recomendado: 2.000 ppm

CORROSIÓN DE INSTALACIONES

Si no se retira a tiempo el H₂S corroe el interior de digestores, tuberías, motores y calderas.

TOXICIDAD

El H₂S es un gas muy tóxico. La concentración máxima permitida en ambiente laboral es de solo 10 ppm.

Límite regulado de SO₂ tras combustión:

200 mg/Nm³



CONTAMINACIÓN

El H₂S reacciona por combustión con O₂ transformándose en SO₂, precursor de la lluvia ácida.

3. PROBLEMÁTICA DEL H₂S

PROBLEMÁTICA DEL H₂S

Daños que ocasiona el H₂S en tuberías y motores



Daños que ocasiona el H₂S en un soplador



Daños que ocasiona el H₂S y siloxanos en motores



4

Límites de H₂S según aplicación

4. LÍMITES DE H₂S SEGÚN APLICACIÓN



LÍMITES DEL H₂S SEGÚN APLICACIÓN

TÉCNICA DE VALORIZACIÓN	APLICACIÓN DEL BIOGÁS	CONCENTRACIÓN H ₂ S LÍMITE (ppm)
OBTENCIÓN DE CALOR Y/O ELECTRICIDAD	COMBUSTIÓN EN CALDERA	1.000
	MOTORES DE COMBUSTIÓN	50-500
	MICROTURBINAS	< 70.000
	TURBINAS	< 10.000
INYECCIÓN EN RED DE GAS NATURAL	BIOMETANO	<10
OBTENCIÓN DE COMPUESTOS QUÍMICOS	PRODUCCIÓN DE H ₂ /METANOL	≈ 0
COMBUSTIBLE PARA VEHÍCULOS	PILAS DE COMBUSTIBLE	< 0.1

5

Procesos de eliminación de H₂S en EDAR

5. PROCESOS DE ELIMINACIÓN DE H₂S EN EDARs



PROCESOS DE ELIMINACIÓN DE H₂S en EDARs

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
CARBÓN ACTIVO	Reducción hasta niveles <10 ppm. Capaz de adsorber picos de H ₂ S	Requiere regeneración o tratamiento como residuo. Riesgo de explosión en regeneración. Alto coste. Alta presión requerida. Límite en concentración de entrada.
SALES FÉRRICAS	Operación sencilla. Eliminación hasta 150 ppm o menores. Actúa in situ, donde se genera el H ₂ S.	Un exceso de iones Fe ³⁺ puede inhibir la formación de biogás. Generan subproductos como HCl. Sin capacidad buffer. Corrosivo.
DESULFURACIÓN BIOLÓGICA	Bajo mantenimiento. Reducciones hasta 50-100 ppm. Tecnología limpia.	Debe añadirse O ₂ al biogás para que se produzca la oxidación. Riesgo de explosión. No tiene capacidad buffer. Limitado en algunas tecnologías de upgrading
SCRUBBER (LAVADO)	Según el medio son capaces de eliminar también otras especies (como CO ₂). Capaz de adsorber picos de H ₂ S	Elevado coste de operación. Regeneración o tratamiento como residuo.

5. PROCESOS DE ELIMINACIÓN DE H₂S EN EDARs



DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO S-VALOR

FUNCIÓN Y PROCESO

El prototipo S-Valor filtra el H₂S del biogás mediante el uso de lechos por pellet de minerales del hierro, que, una vez agotados pueden ser valorizables como fertilizantes.

CICLO DE TRABAJO

Ciclo de operación: 636 horas

Torre de filtración: 200 L

Caudal: 10 m₃/h

H₂S: 3.000 ppm

Regeneración cada 26,5 días

OBJETIVO DEL PROYECTO

Analizar qué potencial posee para la agricultura este adsorbente una vez finaliza su vida útil, para lo cual sería ideal que el biogás posea una concentración alta de H₂S (>2.000 ppm)

ABSORBENTE AGOTADO

Cada 10 ciclos (cada 265 días)
Requiere aire para su regeneración

1 Nm₃/h durante 72 horas
(posibilidad de disminuir ese tiempo)



5. PROCESOS DE ELIMINACIÓN DE H₂S EN EDARs



DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO S-VALOR

DIMENSIONES Y PESO

120x180x220 cm

750 kg

CONEXIÓN ELÉCTRICA

Precisa línea a 400 V, trifásica 3F+N

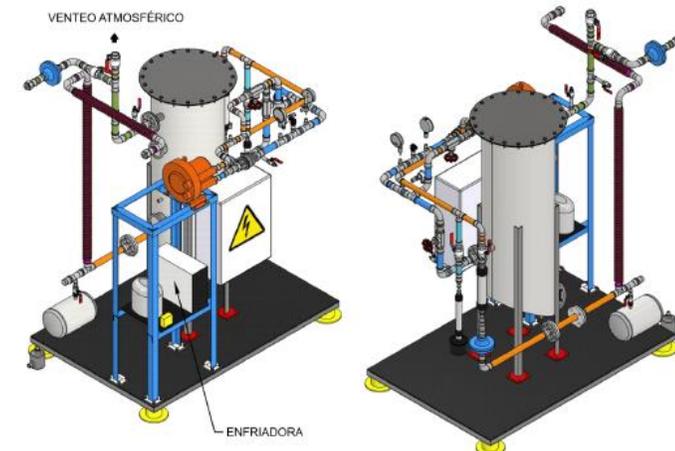
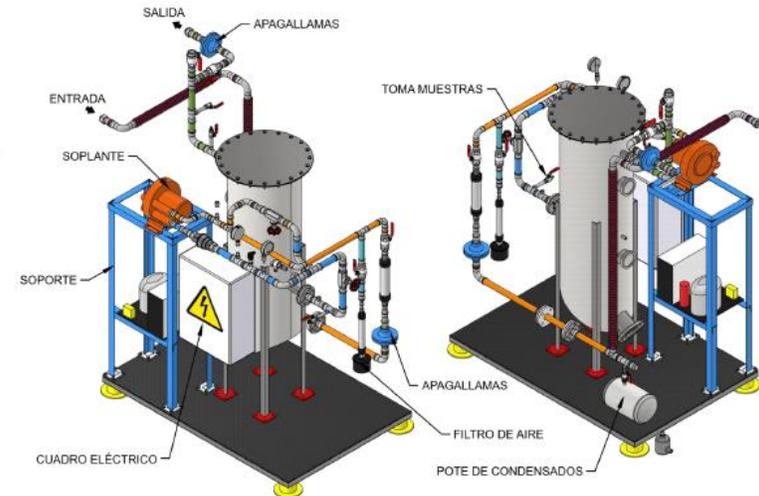
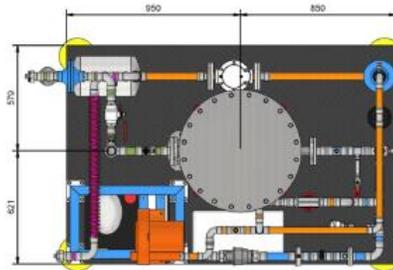
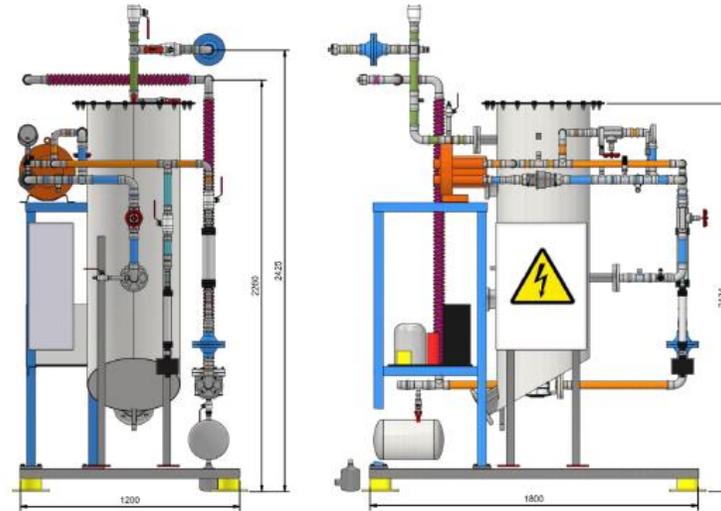
Potencia máxima 1.600 kW

SEGURIDAD Y CONTROL

2xApagallamas

1xmedida de T y P

1xPLC con pantalla táctil HMI



6

Comparativa carbón activo vs absorbentes base hierro

6. COMPARATIVA CARBÓN ACTIVO VS ABSORBENTES BASE HIERRO



Base	CA Selectivo H ₂ S	BASE HIERRO - Fe(OH) ₃	BASE HIERRO - FeOOH
Concentración máxima admisible	200-250 ppm	No hay límites	No hay límites
Capacidad de absorción (kg H₂S/kg media)	50%	22%	25%
Rango de humedad recomendado	40-60%	30-70%	Mínimo 40% Recomendado 60-80%
Regeneración	No	Si. 10 ciclos Requiere caudal de aire de regeneración Recomendado entre 1/10 y 1/20 del caudal de diseño de biogás en cada filtro	No
Tiempo de regeneración	No procede	Mínimo 48 h, recomendado 72 h	No procede
Posibilidad de trabajar con 0% de O₂	No	Si	Puede trabajar con y sin oxígeno. Las capacidades de carga varían según la presencia/no presencia de oxígeno. Con oxígeno: 20-25% Sin oxígeno: 15-20%
Tiempo de contacto	Mínimo 3 segundos	Mínimo 60 segundos	Mínimo 9 segundos
Catalogación absorbente agotado	Residuo peligroso 06 13 02* Carbón activo usado [excepto el código 06 07 02]	Sustrato de cultivo según RD Anexo I Grupo 5, epígrafe 5.1 del RD 865/2010 (<i>en estudio</i>)	Fertilizante según norma alemana DuMV Sustrato de cultivo según RD Anexo I Grupo 5, epígrafe 5.1 del RD 865/2010 (<i>en estudio</i>)
Caudal biogás (Nm₃/h)	400,00	400,00	400,00
Densidad absorbente (kg/m₃)	550,00	750,00	650,00
Volumen lecho (m₃)	4,50	4,50	4,50
Tiempo de operación (meses)	2,74	1,64	1,62
Precio de adquisición (€/kg absorbente)	4,08 €	2,64 €	1,10 €
Precio de relleno (€/carga)	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Precio de gestión (€/kg)	2,00 €	0,00 €	0,00 €
€/kg H₂S eliminado	13,14 €	13,64 €	6,06 €
kg adsorbente/kg H₂S eliminado	2,00	4,55	4,00

7

Caso práctico técnico-económico

7. CASO PRÁCTICO TÉCNICO-ECONÓMICO



		CASO A	CASO B	VENTAJAS INERCO VS ORIGINAL
		ORIGINAL	INERCO	
6.000 – 2.000 ppm	Método de remoción	Adición in situ de FeCl ₃	Adición in situ de ON16	<p>El reactivo ON 16 presenta las siguientes ventajas frente al FeCl₃:</p> <ul style="list-style-type: none"> - De origen natural - Bajos costes de implantación y operación - Alta efectividad - No afecta a bacterias ni al pH del digestor - Efecto buffer - Adsorción in situ - Favorece la metanización - Reduce la corrosión - No genera subproductos
	Kg reactivo/kg H ₂ S eliminado	18,33	6,00	
	€/kg reactivo	0,28 €	0,50 €	
	€/kg H ₂ S eliminado	5,13 €	3,00 €	
2.000-200 ppm	Método de remoción	Desulfuración química regenerativa (lavado)	-	<p>El método de remoción con filtros de hierro base FeOOH presenta las siguientes ventajas frente al sistema tradicional de DQR + CA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminación de 2.000 a 0 ppm en una sola etapa - No tiene límites de entrada máximo y mínimo. - Menor coste unitario (€/kg reactivo) - Menor coste por kg de H₂S eliminado - No se requieren reactivos adicionales como NaOH - No se generan purgas a gestionar - Puede trabajar con y sin oxígeno - No se generan residuos peligrosos ni no peligrosos que requieran gestión externa
	€/kg H ₂ S eliminado	1,38 €	-	
200 – 0 ppm	Método de remoción	Carbón activo selectivo H ₂ S	-	<p>- El filtro con base de hierro agotado se podría catalogar como fertilizante según la norma alemana DuMV</p>
	Kg reactivo/kg H ₂ S eliminado	2,00	-	
	€/kg reactivo	4,08 €	-	
	€/kg H ₂ S eliminado	13,14 €	-	
2.000 – 0 ppm	Método de remoción	-	Filtros de hierro base FeOOH	
	Kg reactivo/kg H ₂ S eliminado	-	4,00	
	€/kg reactivo	-	1,10€	
	€/kg H ₂ S eliminado	-	2,64 €	
TOTAL	€/kg eliminado	19,66 €	9,06 €	



GRACIAS!

CONTÁCTANOS



BRASIL

SAO PAULO

Rua Cláudio Soares, n° 72, 3° andar- Conjunto 310-
Pinheiros. CEP 05422-030



CHILE

SANTIAGO DE CHILE

Andrés Bello, 2233. Piso 3.
Providencia



COLOMBIA

BOGOTÁ

Calle 116 N°. 19-41. Piso 3



ESPAÑA

SEVILLA

PCT Isla de la Cartuja
C/Tomás Alba Edison, 2. Edificio INERCO

Parque Tecnológico Aeroespacial Aerópolis
C/ Juan Olivert, 10. CN-IV KM. 528

MADRID

C/Hermosilla, 48

GIJÓN

C/Pedro Puig, s/n – Oficina 10

TARRAGONA

Avenida de Roma, 7 – 2ª planta



INDIA

MAHARASHTRA

Rama Equator, Office No. 516, Samrat Chowk
Pimpri Pune, Maharashtra 411018



MÉXICO

CDMX

Insurgentes Sur 1431 Piso 9
Colonia Insurgentes



PERÚ

LIMA

Av. Andrés Reyes 338.San Isidro



PORTUGAL

LISBOA

Av. Defensores de Chaves, 52-5°. 1000 -120



USA

BUFFALO, NY

25 Northpointe Parkway, Suite 100
Amherst NY 14228