



**BATTELLE**

# TALLER DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

# TALLER DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

No.	Módulo	Presentador
1	La Importancia del Manejo Adecuado de Rellenos Sanitarios	P. Ruesch
2	Construcción de Rellenos Sanitarios Parte I	M. Elizondo
3	Construcción de Rellenos Sanitarios Parte II	J. Dávila
4	Operación de Rellenos Sanitarios Parte I	M. Elizondo
5	Operación de Rellenos Sanitarios Parte II	M. Elizondo
6	Fundamentos del Biogás y Sistemas de Captura de Biogás	J. Dávila
7	Tecnologías para Aprovechamiento de Biogás	J. Dávila
8	Cierre o Conversión de Vertederos a Cielo Abierto	P. Ruesch



**BATTELLE**

# Módulo No. 7

## Tecnologías para Aprovechamiento de Biogás de Rellenos Sanitarios

Ing. José Luis Dávila, Consultor

# Agenda

- Generalidades
- Uso Directo – Poder Calorífico Mediano
- Uso Directo – Poder Calorífico Alto
- Generación de Electricidad
- Calor y Energía Combinados

# ¿Porque Aprovechar el Biogás?

- Una fuente de combustible local
- La captura y su aprovechamiento son relativamente sencillos
- Fuente de energía renovable
- Suministro constante - 24 horas, 7 días a la semana
- Existen tecnologías comprobadas para el uso de biogás
- Recurso energético que se perdería si no se aprovecha
- Ayuda a reducir emisiones al ambiente

# Relleno Sanitario Moderno



# Beneficios de un Proyecto de Aprovechamiento

- Destruye el metano y otros compuestos orgánicos en el biogás
- Reemplaza el uso de recursos no renovables
- El relleno se puede beneficiar:
  - Tiene otra fuente de ingresos
  - Desarrollo económico local
- El usuario final se puede beneficiar:
  - Reducir costos de combustible
  - Ganar a través de utilización de fuentes renovables
  - Apoyar un estrategia de imagen “verde”, acciones sustentables

# Beneficios de un Proyecto de Aprovechamiento

- Cada megavatio generado requiere 615 m<sup>3</sup>/h de Biogás que equivale anualmente a:
  - La plantación de 4,900 hectáreas de árboles o eliminación de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 9,000 autos
  - Prevención del uso de 99,000 barriles de petróleo, o prevenir el uso de 200 vagones de carbón, o proveer electricidad para 650 hogares

# ¿Como se ha utilizado el biogás anteriormente?

- Tomates y Flores
- Cerámica y Vidrio
- Automóviles
- Farmacéuticos
- Ladrillos y Concreto
- Metal
- Jugo de naranja y manzana
- Biodiesel, GNL y etanol
- Fibra de vidrio y papel
- Mezclilla
- Electrónicos
- Químicos
- Chocolate
- Desechado de lodos sanitarios
- Productos de Soja
- Alfombras
- Calor Infrarrojo
- Energía Verde
- Ahorros en costo
- Aumento en la sustentabilidad

# Opciones de Utilización del Biogás

- **Combustible de Poder Calorífico Mediano.** Utilizado directamente o con poco tratamiento para uso comercial, institucional e industrial para abastecer calentadores de agua, hornos, secadores de agregados, incineradores de basura y generadores de electricidad convencionales. Típicamente contiene 50 % metano.
  - **Evaporación de Lixiviado.** Biogás es utilizado como combustible en la evaporación de lixiviado, reduciendo costos de tratamiento.
- **Combustible de Poder Calorífico Alto.** El biogás es purificado a niveles del 92 a 99 por ciento de metano, removiendo el dióxido de carbono. Uso final como Gas Natural o Gas Natural Comprimido.
- **Energía Eléctrica.** Utilizado como combustible para generadores de combustión interna y turbinas para la generación de energía para después ser suministrada a la red.

# Esquema De Proyectos

“Relleno Sanitario”



“Entrega de Energia”



“Usuario”



“Gaseoducto”

Proyecto BTU Mediano

- Menor inversión, menor conversión de tecnología.

Proyecto BTU Alto

- Proyectos requieren mayores inversión capital
- Requiere un biogás ~95% metano para vender a la compañía de gas natural

Generación de Energía Eléctrica

- Requiere interconexión a la red de distribución local
- Económicamente dependiente del precio del kWh a largo plazo

# ¿Quien Usa Biogás?

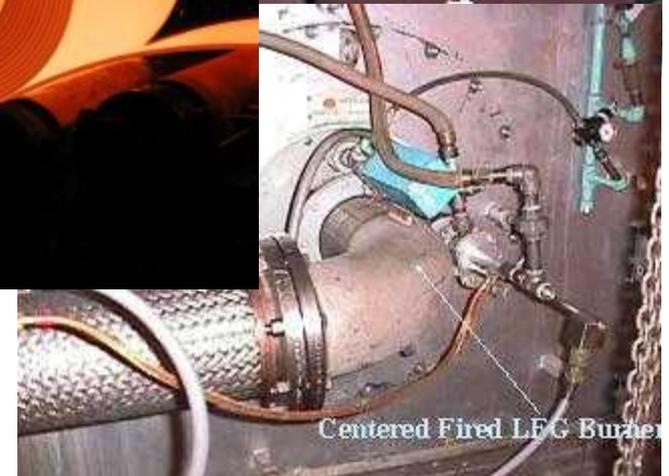
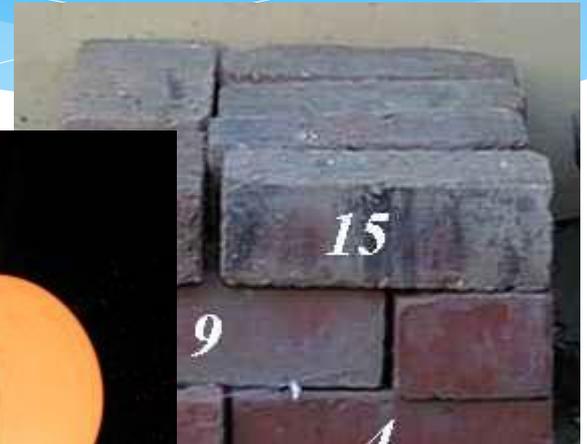


The Ultimate Driving Machine



# Uso Directo

- **Calderas**
- **Aplicaciones Térmicas Directas**
  - hornos
  - calentadores
- **Aplicaciones Innovadoras**
  - Invernaderos
  - Calentadores Infrarrojos
  - Hornos de Cerámica
  - Evaporación de Lixiviado



# Uso Directo

- +100 proyectos en EEUU
- Longitud de gaseoducto varia entre 0,6 a 15 kilómetros
  - < 10 kilómetros es mas viable
- El biogás es utilizado por un usuario fuera del relleno sanitario
- Conducción del biogás hasta un usuario cercano para el uso en una caldera, horno o algún otro proceso

# Uso Directo Del Biogás

- Es la opción mas viable en la mayoría de los casos
- El usuario final debe estar localizado cerca (~10 km), dependiendo de la complejidad de la ruta del gaseoducto
- Se puede vender el biogás con un descuento de las tarifas de distribución del gas natural
- Punto clave – Los proyectos nos eran posibles si las agencias reguladoras requieren que los gaseoductos de biogás cumplan con las normas de gas natural

# Autoridad de Residuos Solidos de Three Rivers

## Kimberly Clark/Siemens - Aiken, Carolina Del Sur

### Planta de Compresión y Deshidratación

- Desarrollado por SIEMENS
- Inicio en Abril de 2008
- Flujo de 3,390 M<sup>3</sup>/h.
- Gaseoducto de 25.4 km
- Compresión a 40 lb/pulg<sup>2</sup>
- Biogás es utilizado por calderas en la Planta Kimberly Clark

### Costos Capital

- ~\$2.0 Millones de dólares

### Plazos

- 8 meses Diseño y Instalación

<https://trswa.org/landfillgas.shtml>



Estación de  
Compresión

# Ladrillera Jenkins Brick

## Moody, Alabama

- Planta fue ubicada cerca del Relleno Sanitario
- Gaseoducto de 11 km gasoducto
- Comenzó operaciones en 2006
- 1,015 m<sup>3</sup>/h suministrado a horno (Equivalente a 18 MMBtu/h)
- Biogás representa 45% de necesidades de energía
- Beneficios
  - Ahorros mas de \$600,000 en 7 años
  - Relaciones publicas
  - Desarrollo económico local



<https://www.brasfieldgorrie.com/expertise/project/jenkins-brick-company/>

# SOLAE - Relleno Sanitario South Shelby Memphis, Tennessee

- El proyecto mas grande de energía renovable en el Estado de Tennessee
  - Instalación de 8,475 m<sup>3</sup>/h
  - Construida en 150 días
  - Modificación del sistema de combustión e integración de sistemas automatizados para optimización del uso de biogás
  - Diseño y construcción de quemadores y sistemas de automatización
  - Reducción de mas del 65% de emisiones de GN
  - Gaseoducto ~8 km
  - Reducción de Emisión de NOx mayor al 75%
- [http://arizonaenergy.org/News04/News%20June04/bfi\\_landfill\\_gas\\_to\\_power\\_the\\_so.htm](http://arizonaenergy.org/News04/News%20June04/bfi_landfill_gas_to_power_the_so.htm)



# Relleno Sanitario Cranberry Creek

## Corporación Ocean Spray

- Diseño e integración de sistemas para llevar biogás hasta dos calderas nuevas
- Controles diseñados para operar sin personal
- Optimización para usar el combustible con menor costo operacional
- Sistema de monitoreo y diagnóstico a distancia



# Invernaderos

- El biogás es utilizado como fuente de energía y calor
- El CO<sub>2</sub> puede ser utilizado para mejorar el crecimiento de las plantas en el invernadero
- Existen 6 proyectos de invernaderos en EEUU



# Evaporación de Lixiviado

- Usa el biogás para tratamiento de lixiviado
- Existe tecnología disponible
- Existen 20 proyectos operando en EEUU e internacionalmente



# Conversion a Btu-Alto

## ■ Tecnología

- El gas es purificado de 50% a 97%- 99% de metano
- Remoción del dióxido de carbono es el primer paso

## ■ Ventajas

- Inyección del producto tratado a un gaseoducto
- El metano puede usarse como equivalente de gas natural
- Reducción del uso de combustibles fósiles

## ■ Desventajas

- Debe cumplir con los estándares estrictos de gas en el gaseoducto
- La tecnología es costosa
- Es económicamente viable solo a gran escala



# Combustible De Btu Alto

Montauk Energy - Valley & Monroeville, Pa

- Comenzó operaciones en 2006
- Biogás a Btu alto, calidad de gasoducto (dos plantas)
  - Tecnología membrana
- Entregar el biogás a:
  - Baja presión gasoducto de distribución local
  - Alta presión a gasoducto de nivel transmisión



Photos courtesy of Montauk Energy



# Biogás Como Combustible Vehicular

- Hace gas natural comprimido (GNC) utilizando biogás para:
- equipo pesado y de recolección
- Autobuses y otros vehículos públicos
- Se utiliza para producir biodiesel
- Se utiliza para convertir metanol a biodiesel
- En la producción de Etanol



# Generación de Electricidad

- **Tipo de proyecto mas común en EEUU**
  - En EEUU, existen cerca de 1100 MW de capacidad en mas de 250 proyectos
- **Venta de la electricidad**
  - Vendita a la red
  - A cooperativas o industrias calificadas para comprar directamente
  - Algún consumidor cercano grande
  - Autogeneración
- **Tamaño promedio de proyecto:**
  - 4 MW (500 kW - 50 MW)

# Generación de Electricidad

- Generadores de Combustión Interna
- Turbinas
- Microturbinas
- Nuevas Tecnologías
  - Celdas de Combustible

# Generadores de Combustión Interna

- Capacidad: 350 kW- 3 MWs
- Ventajas
  - Comprobado y confiable
  - Eficientes
  - Alta disponibilidad >92%
  - No requiere pre-tratamiento de biogás
- Desventajas
  - Mayor costos de O&M
  - Mayor emisiones de NO<sub>x</sub> y CO



# Turbinas: Biogás, Vapor, y Ciclo Combinado

- **Capacidad: 1-6 MWs**
- **Ventajas**
  - Resistentes a la corrosión
  - Bajo costos de O&M
  - Tamaño físico pequeño
  - Bajas emisiones de NOx
- **Desventajas**
  - Ineficientes en carga parcial
  - Cargas parasitas altas, debido a los requerimientos de alta compresión del gas
  - Requiere pre-tratamiento de biogás



# Microturbinas

- **Capacidad:** 30-200 kW
- **Ventajas**
  - Emisiones bajas
  - Mas aplicable por autogeneración
  - Capacidad múltiple en combustibles
  - Tamaño pequeño
  - Costos de mantenimiento bajos
- **Desventajas**
  - Ineficientes
  - Alta costo de capital \$/kW instalado



# Calor y Energía Combinados

- **Grandes Industrias**
- **Aplicación en Turbinas y Microturbinas**

# Calor y Energía Combinados

- **Ventajas**

- Mayor eficiencia de recuperación de energía a través de la recuperación del calor residual – hasta un 80%
- Sistemas especializados CHP disponibles
- Flexible – agua caliente o generación de vapor a través de la recuperación de calor

- **Desventajas**

- Mayor costos de capital para las sistemas de recuperación

# Generación Combustión Interna Con Invernaderos

## Model City, New York

- Proyecto desarrollado por Innovative Energy Systems (IES)
- Inicio en Junio 2001
- Capacidad de 5.6 MW con 7 moto generadores Caterpillar G3516
- Provee todos los requerimientos de electricidad y calor a los invernaderos
- El exceso de la electricidad es vendido a la red
- 7½ acres que producen 10,000 lb/día o 3.5 millones lb/año de tomates
- <http://www.moderncorporation.com/awards/>



# Calor Y Energía Combinados BMW

## Carolina Del Sur

- Gaseoducto de 15 km
- 4 turbinas reacondicionadas para quemar biogás
- 4.8 MW = 25% de las necesidades de la planta
- 72 MMBtu/hr = 80% de las necesidades térmicas de la planta (agua caliente, calor, enfriamiento)
- Ahorros de \$1 millón/año para BMW
- <http://www.epa.gov/lmop/proj/profile/bmwmanufacturinglandfillg.htm>



# Calor Y Energía Combinados

## Escuela Secundaria Antioch, Illinois

- Primer proyecto de cogeneración con biogás en una escuela
- 12 microturbinas con capacidad de 360 kW
- La energía del escape produce 306,000 kJ/hour de agua caliente
- La escuela espera ahorros de \$100,000/año



# *Gracias por su Atención*

Módulo No. 7

Tecnologías para Aprovechamiento de Biogás de  
Relenos Sanitarios

Ing. José Luis Dávila,  
Consultor Independiente  
[pepedavila@yahoo.com](mailto:pepedavila@yahoo.com)  
+1 (602) 820-2972

TALLER DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE  
RELLENOS SANITARIOS



**BATTELLE**