

Caso de generación de energía a partir de residuos: Utilización de generadores de motor recíproco de gas de bajo BTU

> Notas técnicas

Por Keith Packham, gerente de aplicaciones de gas
Unidad de soluciones comerciales de energía



Nuestra energía trabajando para ti.™

Con el desarrollo de grandes grupos electrógenos recíprocos que pueden funcionar en forma confiable con combustibles alternativos como metano de bajo BTU (es decir, diluido), los rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de residuos, minas de carbón y otras fuentes de combustible a partir de desechos, tienen ahora una forma de utilizar estas fuentes de energía "gratuitas". Los grupos electrógenos recíprocos de bajo BTU usan tecnología probada para producir cantidades de energía significativas a partir de combustibles que, de otra forma, serían liberados a la atmósfera, entre ellos, el metano, un "gas de efecto invernadero" que se considera entre los causantes del calentamiento global. Este documento describe a grandes rasgos el proceso de la determinación de la idoneidad de las plantas de generación de energía a partir de residuos, revisa los temas de mantenimiento y las respuestas tecnológicas con respecto a los contaminantes que se encuentran frecuentemente en el metano y menciona varias plantas de generación de energía a partir de residuos en funcionamiento como ejemplos de aplicaciones instaladas de este tipo.

El enorme potencial global del metano

Si bien la explotación del gas metano para la producción de energía en rellenos sanitarios municipales, digestores de basura, vetas y minas de carbón se viene realizando durante varias décadas, se ha limitado a los lugares con las condiciones económicas más favorables. Sin embargo, los desarrollos de los últimos años han prestado mayor atención a esta valiosa fuente de energía de beneficio para el medio ambiente:

- El reconocimiento del metano como un potente gas de "efecto invernadero" que puede estar exacerbando la acumulación de calor en la atmósfera terrestre.

- El reconocimiento del metano natural y el metano obtenido a partir de aguas residuales/rellenos sanitarios como una fuente de energía valiosa que puede convertirse en electricidad utilizable, compensando así algunos usos del carbón y del petróleo para la generación de energía eléctrica.
- El desarrollo de sistemas generadores con motores recíprocos especialmente diseñados para quemar mezclas de gas metano diluido mientras se disminuyen algunos de los problemas de mantenimiento y desgaste del motor que han complicado las aplicaciones anteriores.

A nivel mundial, el metano de los rellenos sanitarios, las plantas de tratamiento de aguas residuales y las minas de carbón representa un recurso natural amplio que se puede convertir en electricidad utilizable en forma económica.

Solamente en Europa, la Comisión Europea estima que sus rellenos sanitarios producen más de 94 mil millones de metros cúbicos de metano por año. En los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) ha estimado que los rellenos sanitarios pueden proveer más de dos mil billones de BTU de energía por año. Actualmente en los Estados Unidos, hay aproximadamente 400 proyectos de obtención de energía a partir de rellenos sanitarios en funcionamiento y otros 600 rellenos sanitarios candidatos, adecuados para la generación de energía, de acuerdo con el Programa de Aprovechamiento de Metano en Rellenos Sanitarios (Landfill Methane Outreach Program, LMOP) de la EPA.

El metano de los yacimientos y minas de carbón representa otra fuente a ser aprovechada para la producción de energía. Solamente en los Estados Unidos, se estima que la producción de metano de los yacimientos de carbón asciende a 37 mil millones de metros cúbicos por año.

La función cada vez más importante de los generadores de motor recíproco

Los sistemas generadores de motor recíproco constituyen sin duda la tecnología más popular que se utiliza actualmente para producir electricidad a partir de fuentes de gas metano naturales y derivadas de actividades humanas. Si bien las turbinas de combustión son la segunda tecnología más popular para el aprovechamiento del metano en rellenos sanitarios, de acuerdo con la EPA, los generadores de motor recíproco superan en número a las turbinas y otros métodos en más de tres veces. Algunas de las razones por las que los generadores de motor recíproco dominan las aplicaciones ya existentes son:

- El motor recíproco con combustible gaseoso es una tecnología consolidada con una cantidad significativa de fabricantes en el mundo y con una infraestructura de suministro y servicios eficaz.
- Los nuevos diseños de motores de bajo BTU son capaces de funcionar a máxima potencia con una mezcla diluida de 40 por ciento de metano y mayores diluciones, y pueden funcionar con una salida ligeramente corregida con diluciones de sólo 30 ó 40 por ciento de metano.
- La tecnología de generadores de motor recíproco es significativamente menos costosa considerando el costo por kilovatio instalado que la tecnología de turbinas de combustión.
- Aunque no sean totalmente inmunes, los generadores de motor recíproco son más tolerantes a las impurezas y contaminantes del metano de rellenos sanitarios y de vetas de carbón, como el vapor de agua, amoníaco, azufre y siloxanos.
- Los generadores de motor recíproco funcionan con eficiencias eléctricas más altas que las turbinas y requieren de sistemas menos complicados de recolección y presurización del metano. Si bien otras tecnologías como los motores cíclicos Stirling, las pilas de combustible y motores cíclicos orgánicos Rankin también funcionan con altas eficiencias y demuestran cierta tolerancia a los siloxanos, estos han sido limitados a plantas experimentales debido a sus altos costos iniciales.
- Los motores recíprocos que funcionan con metano han tenido éxito en el cumplimiento de las normativas sobre emisiones sin tratamiento posterior de los gases de escape.

Determinación de la idoneidad de la planta

El punto de partida habitual para decidir si un relleno sanitario o una fuente de metano es adecuada para la generación de energía a partir de residuos, es un análisis de gases. Este análisis no sólo revelará la concentración y el potencial de volumen del metano, sino que también identificará varios posibles contaminantes en el gas que pueden requerir tratamiento previo o un aumento de los requisitos de mantenimiento del motor (FIGURA 1).

Si el nivel de la concentración del metano es de 45 por ciento o más, entonces se puede esperar que el generador de motor recíproco diseñado para funcionar con metano diluido genere la salida de energía máxima nominal que figura en la placa de identificación. Si la concentración del metano se reduce a entre 30 y 40 por ciento, el motor generador será capaz de producir algo menos que la energía completa.

El volumen aproximado de gas requerido por un sistema generador típico de motor de bajo BTU se expresa como:

$$\text{Volume CH}_4 = \frac{0,28 \text{ metros cúbicos/hora}}{\text{por kWe} \times (100 \div \text{CH}_4\%)}$$

Esta fórmula no es precisa porque está basada en la calidad del gas natural de cañería, y la eficiencia del motor disminuye a medida que aumenta el porcentaje de los componentes no combustibles del gas. Sin embargo, permite una rápida evaluación del volumen del gas necesario para un tamaño de motor determinado. Cuando se estima que el proyecto puede seguir adelante, se utilizan programas de software específicos para obtener el verdadero valor calorífico del gas. Esto permite determinar la verdadera eficiencia del motor y el verdadero volumen de gas requerido. Estas cifras se utilizan para determinar el diseño detallado del sistema de distribución de gas (pozos, bombas, filtrados y tratamiento previo).

	ppm	peso molecular	constante	ppm
H2S	15	34	22,4	23
Si	20	28	22,4	25
NOx	150	46	22,4	308
Cl	20	70,9	22,4	63
Fl	1,5	37,9	22,4	3

	mg/Nm³	peso molecular	constante	mg/Nm³
H2S	100	34	22,4	659
Si	20	28	22,4	16
NOx	21	46	22,4	10
Cl	0	70,9	22,4	0
Fl	0	37,9	22,4	0

FIGURA 1: Un análisis típico de gas de rellenos sanitarios que muestra las concentraciones de los contaminantes: sulfuro de hidrógeno, silicio, óxido de nitrógeno, cloro y flúor en partes por millón y en miligramos por metro cúbico.

Los contaminantes determinan los costos e intervalos de mantenimiento

Para el gas de los rellenos sanitarios, se dedica un tiempo considerable al análisis de los contaminantes ya que el volumen y la composición de los contaminantes tienen repercusiones en la frecuencia y el alcance de los programas de mantenimiento del motor. El objetivo de los análisis es aclarar los riesgos económicos y compartir esta información con todas las partes involucradas en el proyecto.

El gas se debe analizar regularmente (cada semana) y los resultados se deben compartir con todas las partes. Dado que los niveles de los contaminantes cambian con el tiempo, también cambiarán los costos de funcionamiento relacionados. El acuerdo entre las partes debe definir quién es el responsable financiero de los cambios en los costos de funcionamiento o mantenimiento cuando varíe el contenido del gas.

Los contaminantes comunes en el metano de los rellenos sanitarios y yacimientos de carbón incluyen:

- **Silicio** (en la forma de siloxanos): Si están presentes en el gas de rellenos sanitarios, los siloxanos pueden formar una capa de silicatos en la superficie interna de la cámara de combustión del motor que puede llegar a un espesor de varios milímetros. El silicio también entra al aceite lubricante elevando los índices de desgaste. El siloxano presenta un serio problema de mantenimiento cuando está presente en el flujo de gas.
- **Azufre** (en la forma de sulfuro de hidrógeno): Si se presenta en altas concentraciones, se depositará en el motor, contaminará el aceite lubricante e interferirá con los sistemas catalizadores en el sistema de escape (si se utiliza).
- **Amoníaco**: Común en el metano para tratamiento de aguas residuales y de algunos rellenos sanitarios, el amoníaco corroe algunos metales, como el cobre en los sistemas de refrigeración del motor o cojinetes.
- **Otros contaminantes** como el vapor de agua, materiales particulados, halógenos y ácidos contaminarán el aceite lubricante del motor. Varían según el tipo de materiales en el relleno sanitario.

Los motores de bajo BTU de Cummins Power Generation son diseñados para ser tolerantes a numerosos contaminantes típicos que se encuentran en el gas de rellenos sanitarios, especialmente siloxano, amoníaco y ácidos. Dado que los sistemas de energía de Cummins Power Generation son compatibles con las actuales normativas sobre emisiones del Reino Unido sin la necesidad de sistemas catalíticos de tratamiento posterior de gases de escape, el contenido de azufre del metano por lo general no representa un problema de mantenimiento grave.

Para combatir los problemas que puedan surgir de los contaminantes, Cummins Power Generation ha desarrollado diversas tecnologías que ayudan a minimizar el mantenimiento y las reparaciones del motor. Estas tecnologías incluyen:

- **Anillo antifricción de carbón patentado**: El motor de bajo BTU de Cummins que se utiliza en aplicaciones de rellenos sanitarios tiene una pieza flotante interna especial en la parte superior de la pared del cilindro en cada cámara de combustión, llamada anillo antifricción. El anillo sirve para descomponer los depósitos de carbono y silicatos, prolongar el tiempo entre las reparaciones importantes del motor y hacer que los motores sean menos propensos a problemas de siloxano que otros diseños.

- **FCD (hierro fundido dúctil)**: Cummins utiliza pistones de hierro fundido FCD en sus motores de bajo BTU para aumentar la durabilidad cuando operan con gas de rellenos sanitarios contaminado. Son mucho más durables que los pistones de aleación de aluminio.

- **Materiales de los cojinetes**: Los cojinetes del motor son fabricados con materiales que son menos susceptibles a la corrosión por amoníaco y ácidos en el flujo de gas.

- **Refrigerador del aire**: Normalmente fabricados con cobre para una mejor conducción del calor, los materiales vulnerables son cubiertos con una resina fenólica para protegerlos contra la corrosión. En ambientes extremadamente corrosivos, el cobre puede ser reemplazado por acero inoxidable.

- **Aceite lubricante del motor**: El aceite lubricante es generalmente diseñado para ser más alcalino que el aceite de motor típico para ampliar el periodo entre los cambios de aceite. En general, el aceite lubricante se diseña específicamente para cada aplicación, dependiendo de la naturaleza y la cantidad de contaminantes en el flujo de gas.

Proyectos de gas en rellenos sanitarios, vetas de carbón y digestores

Cummins Power Generation ha participado en diversos proyectos de producción de energía a partir de residuos. Tres recientes proyectos ilustran de qué manera el metano de un relleno sanitario, una veta de carbón y un digestor de basura se ha destinado para fines útiles.



Relleno sanitario municipal Viridor, Edimburgo, Escocia

Viridor Waste Management, uno de los operadores más grandes de rellenos sanitarios municipales del Reino Unido, gestiona una planta de 193 acres al este de Edimburgo, Escocia. Viridor utiliza dos grupos electrógenos de gas de bajo BTU de Cummins Power Generation

para producir 3,5 MW de electricidad a partir del metano generado por la basura en descomposición. A medida que el relleno sanitario crezca y aumente la producción del metano, se instalarán dos grupos electrógenos adicionales para producir un total de 7 MW.

Acerca del autor



Keith Packham es gerente de aplicaciones de gas de Cummins Power Generation, y brinda apoyo y asesoramiento técnico especializado al equipo global de Energy Solutions Business en el diseño, instalación y operación de las plantas de energía alimentadas con gas. Ha participado en el

diseño, instalación, mantenimiento y aspectos operacionales de plantas de calor y energía combinados (combined heat and power, CHP), plantas de calderas para vapor o agua caliente, generación y distribución de energía, refrigeración, plantas de tratamiento de agua y efluentes y en su rendimiento óptimo. Tiene una licenciatura en ingeniería eléctrica de la Universidad de Southbank en Inglaterra.



Digestor de basura en Salto del Negro, Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias

La planta de tratamiento de residuos municipales en Salto del Negro en las Islas Canarias procesa la basura recolectada de Las Palmas de Gran Canaria, una ciudad de 380.000 habitantes. Parte de la basura se procesa en un digestor que produce gas metano. El gas se utiliza alternativamente como

combustible para un par de generadores de Cummins Power Generation que producen tanto electricidad como calor en un sistema de calor y energía combinados (CHP).



Planta de energía de metano de vetas de carbón de Moronbah, Queensland, Australia

En Moronbah, Queensland, el metano de un gran depósito de carbón se recolecta, procesa y envía por tuberías a la ciudad de Townsville más arriba en la costa australiana. Para suministrar energía a la planta procesadora, Cummins Power Generation le proporcionó a la concesionaria Ergon

Energy una estación de energía de 12 MW puesta a punto. La planta generadora de Moranbah produce energía eléctrica para su propia planta de procesamiento de carbón y vende el exceso de energía a la red de distribución local.

Conclusiones

Los proyectos de generación de energía a partir de residuos que utilizan metano de los rellenos sanitarios, digestores de basura y yacimientos de carbón generan una cantidad significativa de energía eléctrica para los clientes de todo el mundo, desplazando así la energía generada por fuentes fósiles no renovables que producen dióxido de carbono y contribuyen al calentamiento global. Además, al utilizar metano para la producción de energía, estos sistemas eliminan las emisiones de gas de efecto invernadero que es por lo menos 20 veces más potente que el dióxido de carbono en promover el calentamiento global. La vasta mayoría de los proyectos de generación de energía a partir de residuos utilizan generadores de motor recíproco de bajo BTU para producir electricidad a partir del metano. Estos sistemas de motor generador han demostrado ser limpios para el medio ambiente, confiables, durables y económicos en una amplia variedad de proyectos de metano de rellenos sanitarios, digestores de basura y yacimientos de carbón.

Para recibir soporte técnico adicional, comuníquese con su distribuidor local de Cummins Power Generation. Para encontrar un distribuidor, visite www.cumminspower.com.

Nuestra energía trabajando para ti.™

www.cumminspower.com

© 2006 Cummins Power Generation Inc. Todos los derechos reservados.
Cummins Power Generation y Cummins son marcas registradas de Cummins Inc.
"Nuestra energía trabajando para ti." es una marca registrada de Cummins Power Generation.
PT-6015 (06/12) antes PT-225

