

DIRECTRICES SOBRE VERTEDEROS

**UN ENFOQUE FAVORABLE A LA INVERSIÓN EN VERTEDEROS
SIN IMPACTO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

BORRADOR DEFINITIVO (REVISADO EL 9 DE JUNIO DE 2010)

Ese documento fue preparado por Emmanuel Boulet (VPS/ESG), Stefanie Brackmann (VPS/ESG), Milena Breisinger (INE/ECC), Horacio Terraza (INE/WSA) y Hans Willumsen (LFG Consult), bajo la supervisión de Janine Ferretti (VPS/ESG).

ÍNDICE

| | | |
|-------|---|----|
| I. | RESUMEN EJECUTIVO..... | 1 |
| II. | INTRODUCCIÓN | 3 |
| III. | EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PRODUCIDAS POR VERTEDEROS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE..... | 4 |
| | A. Eliminación de residuos en vertederos | 4 |
| | B. Contribución de los vertederos a las emisiones globales de gases de efecto invernadero | 4 |
| IV. | GENERACIÓN DE BIOGÁS | 4 |
| | A. Generación de biogás en general | 4 |
| | B. Potencial del biogás..... | 6 |
| V. | TECNOLOGÍA DISPONIBLE DE APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS E IMPLICACIONES ECONÓMICAS | 6 |
| | A. Tecnología de aprovechamiento del biogás..... | 6 |
| | B. Implicaciones económicas de la construcción de plantas de biogás | 8 |
| VI. | ENFOQUE DE OTROS BANCOS MULTILATERALES DE DESARROLLO PARA EL FINANCIAMIENTO DE VERTEDEROS Y PLANTAS DE BIOGÁS | 8 |
| VII. | OTRAS DIRECTRICES | 10 |
| VIII. | DIRECTRICES QUE DEBE SEGUIR EL BID PARA FINANCIAR NUEVOS VERTEDEROS Y PLANTAS DE BIOGÁS | 11 |
| IX. | CRITERIOS MÍNIMOS DE DESEMPEÑO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO..... | 12 |

Enlaces electrónicos

1. Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos - Modelo de emisiones de biogás LandGEM, v. 3.02:
<http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html>
2. Programa de Aprovechamiento del Metano de los Vertederos – Modelos internacionales de biogás: <http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html>
3. Directrices 2006 del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 (Desechos), Sección 3:
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>
4. Información esencial en el sitio virtual del Banco Mundial:
<http://web.worldbank.org/wbsite/external/topics/extsdnet/0,,pagepk:64885161~contentmdk:22339544~pipk:5929285~thesitepk:5929282,00.html>
5. Grupo del Banco Mundial: Marco estratégico sobre desarrollo y cambio climático, 12 de octubre de 2008, en la página virtual sobre cambio climático:
<http://beta.worldbank.org>
6. Banco Mundial, evaluación ambiental:
<http://web.worldbank.org/wbsite/external/topics/environment/extenvass/0,,menupk:407994~pagepk:149018~pipk:149093~thesitepk:407988,00.html>
7. IFC, Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de manejo de residuos, 10 de diciembre de 2007:
[http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_WasteManagement_Spanish/\\$FILE/0000199659ESes+Waste+Management+Facilities+rev+cc.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_WasteManagement_Spanish/$FILE/0000199659ESes+Waste+Management+Facilities+rev+cc.pdf)
8. Banco Asiático de Desarrollo, programas sobre cambio climático:
<http://www.adb.org/documents/brochures/climate-change/default.asp>
9. Banco Asiático de Desarrollo, Programa de Energía Limpia y Medio Ambiente:
<http://www.adb.org/documents/clean-energy/ce-evolution.pdf>
10. Banco Asiático de Desarrollo, Iniciativa del mercado del carbono:
<http://www.adb.org/clean-energy/cmi.asp>
11. Asociación *Methane to Markets*:
<http://www.methanetomarkets.org/>
12. Unión Europea, Directiva relativa al vertido de residuos:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:182:0001:0019:ES:PDF>
13. Ley de protección de la calidad del aire de los Estados Unidos:
<http://epw.senate.gov/envlaws/cleanair.pdf>
14. Información sobre la ley de protección de la calidad del aire:
<http://www.epa.gov/air/caa/index.html>

15. Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos - Modelo de emisiones de biogás LandGEM, v. 3.02:
<http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html>
16. Programa de Aprovechamiento del Metano de los Vertederos – Modelos internacionales de biogás:
<http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html>
17. Directrices sobre vertederos - Lista de consultas técnicas 2010:
[IDBDOCS-#35171997-IDBDOCS-#35168320-v1-Landfill Guidelines list of technical consultation 2010](#)

SIGLAS Y ABREVIATURAS

| | |
|------|--|
| BAsD | Banco Asiático de Desarrollo |
| CEIF | Marco de Inversiones en Energía Limpia |
| EPA | Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos |
| IFC | Corporación Financiera Internacional |
| IPCC | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático |
| kW | Kilovatio |
| MDL | Mecanismo de Desarrollo Limpio |
| UE | Unión Europea |

DIRECTRICES SOBRE VERTEDEROS
UN ENFOQUE FAVORABLE A LA INVERSIÓN EN VERTEDEROS
SIN IMPACTO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO
BORRADOR DEFINITIVO (REVISADO EL 9 DE JUNIO DE 2010)

I. RESUMEN EJECUTIVO

- 1.1 El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está formulando un conjunto de directrices para sectores y subsectores específicos de reconocido impacto sobre el cambio climático. Estas directrices tienen por objeto proporcionar los criterios mínimos, claros y cuantitativos, de desempeño en materia de cambio climático que deben cumplirse para que el BID pueda respaldar proyectos, así como orientación sobre evaluación y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los proyectos¹. La finalidad de las directrices sobre vertederos consiste en establecer, para el financiamiento de nuevos vertederos y plantas de biogás, un enfoque que esté en consonancia con el compromiso del BID de proteger el medio ambiente y reducir los efectos adversos del cambio climático². En el marco de estas directrices, el BID establece normas innovadoras para financiar proyectos de construcción de vertederos, al requerir la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la captación y destrucción de biogás.
- 1.2 América Latina y el Caribe posee uno de los índices de urbanización más elevados del mundo; en efecto, entre 1975 y 1995 la población urbana de la región pasó de 196 millones a 358 millones, lo que ha hecho necesario expandir en un 80% los servicios de saneamiento urbano³ y ampliar la capacidad de vertido de residuos. En consecuencia, el BID y otros bancos multilaterales de desarrollo activos en la región reciben un creciente número de solicitudes para financiar nuevos vertederos. El biogás generado en esas instalaciones está compuesto en alrededor de un 50% por metano (CH₄), un gas cuyo efecto invernadero es 23 veces superior por tonelada al del dióxido de carbono (CO₂). A nivel global, las emisiones de CH₄ producen aproximadamente el 14% del efecto invernadero total⁴ y provienen en un 10% de vertederos. Así pues, cerca del 1,4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero se origina en vertederos, y aproximadamente el 0,13% corresponde a América Latina y el Caribe.
- 1.3 No obstante, la escasez de recursos, las carencias institucionales y legislativas y otras consideraciones de gobernanza medioambiental hacen que, en la mayoría de

¹ En la Directiva B.11 de la Política de Medio Ambiente y Cumplimiento de Salvaguardias del BID se indica que el Banco promueve la reducción y control de emisiones de gases de efecto invernadero de modo que se ajusten a la naturaleza y escala de las operaciones.

² Estas directrices sólo se aplican actualmente a nuevas plantas de biogás.

³ Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe, publicación conjunta del BID y la Organización Panamericana de la Salud (1997).

⁴ IPCC, Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación, 2007.

los casos, los residuos sólidos urbanos se arrojen en basureros o vertederos controlados que incumplen las normas técnicas mínimas, y no en vertederos sanitarios. En su mayor parte, los vertederos controlados carecen de un sistema de gestión de emisiones de gases, lo cual socava los objetivos de los bancos multilaterales de desarrollo de apoyar las actividades de mitigación del cambio climático, así como su compromiso de preservar el medio ambiente.

- 1.4 El BID prestará apoyo a proyectos de construcción de vertederos y plantas de biogás⁵ diseñados para utilizar la mejor tecnología probada que se adecue a las características propias de cada proyecto. Esto incluye tecnologías para plantas de biogás⁶ que aseguren una adecuada captación y destrucción de gases de vertedero. Esas tecnologías ya están disponibles, como revela la existencia de unas 1.400 plantas de conversión de biogás en energía⁷ en todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos y Europa. Con arreglo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), una planta de biogás puede cumplir los requisitos para considerarse como un proyecto del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), generando ingresos por medio de reducciones certificadas de emisiones. Esto ha hecho que la construcción de plantas de biogás con sistemas de quema controlada sea viable en términos económicos. En muchos casos, los ingresos adicionales producidos por la venta de energía también han dado viabilidad económica a la instalación de plantas de generación de energía a partir de biogás.
- 1.5 La elegibilidad de un proyecto de vertedero o de biogás para recibir financiamiento del BID requerirá ya sea el cumplimiento de las directrices o criterios mínimos de desempeño en materia de cambio climático aprobados o el compromiso de ceñirse a tales criterios. El cumplimiento de dichos criterios deberá verificarse durante el análisis o el proceso de debida diligencia y confirmarse previamente a la aprobación del Directorio, o bien el prestatario deberá comprometerse a observar dichos criterios durante la ejecución del proyecto. Durante el proceso de análisis, el proyecto se evaluará no sólo en términos de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también del cumplimiento de las políticas del Banco sobre medio ambiente y salvaguardias sociales.
- 1.6 Aun en el caso de plantas de biogás con un alto potencial de contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, es frecuente que los proyectos no se lleven a cabo por motivos económicos, toda vez que la viabilidad económica de un proyecto está sujeta a factores técnicos, operativos o de diseño.
- 1.7 En función de los cambiantes objetivos mundiales sobre control de CO₂ y otros gases de efecto invernadero y a medida que se disponga de nuevos datos sobre

⁵ Por proyecto de biogás se entiende el ciclo del proyecto en su totalidad, incluidos los estudios de factibilidad, el diseño y la construcción.

⁶ Por planta de biogás se entiende la planta como tal, incluidas todas las instalaciones técnicas necesarias, tales como sistemas de captación, bombeo y regulación y un sistema de quema en antorcha o de aprovechamiento de la energía.

⁷ Conversión de biogás en energía significa una planta de biogás que utiliza el biogás para producir energía.

desempeño y alternativas de mitigación de CO₂ y que el Banco acumule experiencia en la aplicación de estas directrices en relación con proyectos, será necesario revisar y actualizar periódicamente las referidas directrices y criterios. Dichas revisiones podrían suponer perfeccionar los criterios existentes o bien proponer nuevos criterios o medidas de mitigación. Aquellos proyectos que cumplan las directrices y criterios mínimos de desempeño en materia de cambio climático en el momento de ser declarados elegibles para el financiamiento del BID serán dispensados respecto de cualquier cambio futuro específico para ese sector o subsector. Esta habilitación retroactiva de proyectos respecto de los criterios y directrices aplicables en la fase de elegibilidad permitirá al BID responder a nuevas consideraciones de cambio climático sin menoscabo de sus compromisos con los prestatarios y clientes.

II. INTRODUCCIÓN

- 2.1 El BID está desarrollando una Estrategia de Cambio Climático orientada prioritariamente a sectores que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero, para los cuales el Banco promulgará prácticas recomendadas favorables al uso de tecnologías apropiadas que permitan reducir esas emisiones. Un subsector seleccionado dentro de dicha estrategia es la gestión de residuos sólidos y, en particular, los vertederos. Las presentes directrices esbozan el enfoque básico del BID sobre el financiamiento de la construcción de vertederos y plantas de biogás.
- 2.2 El método de tratamiento de desechos más común en América Latina y el Caribe es la eliminación en vertederos controlados o basureros al aire libre. El BID cuenta ya con una estrategia para promover prácticas óptimas de gestión de residuos sólidos urbanos⁸. Un resultado del adecuado manejo de dichos residuos es la presencia de condiciones anaeróbicas en los vertederos, con la consiguiente producción y emisión de metano (CH₄), un gas de efecto invernadero.
- 2.3 El presente documento se divide en cinco secciones, a saber: (i) una descripción de los vertederos en América Latina y el Caribe y de los aspectos ambientales de su construcción y operación; (ii) una descripción de la generación de biogás en los vertederos; (iii) un resumen de las tecnologías existentes para la construcción de plantas de biogás y sus implicaciones económicas; (iv) un repaso de las prácticas de otros bancos multilaterales de desarrollo y países respecto del financiamiento de vertederos y plantas de biogás, y (v) el enfoque propuesto del BID para el financiamiento de plantas de biogás.

⁸ BID, “Manejo de Residuos Sólidos – Lineamientos para un Servicio Integral, Sustentable e Inclusivo”, Horacio Terraza.

III. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PRODUCIDAS POR VERTEDEROS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

A. Eliminación de residuos en vertederos

3.1 La región de América Latina y el Caribe presenta un alto índice de urbanización, ya que aproximadamente el 75% de sus 500 millones de habitantes vive en ciudades. Esto da lugar a una concentración de los residuos sólidos, con los consiguientes problemas de manejo de desechos. En la región existen los siguientes tipos de vertederos: (i) basureros no controlados a cielo abierto; (ii) basureros controlados, y (iii) vertederos sanitarios caracterizados por un revestimiento inferior compuesto, un sistema de drenado del lixiviado, cobertura diaria y final, compactación durante la operación y un plan de seguimiento en vigor. La mayoría de las ciudades de la región sigue recurriendo al vertido en basureros a cielo abierto, aunque las más prósperas han comenzado a mejorar las prácticas de eliminación y han introducido vertederos sanitarios. Sin embargo, tan sólo el 23% de los desechos recogidos se deposita en vertederos sanitarios. Cada día se depositan en basureros o vertederos unas 330.000 toneladas de residuos⁹, lo que equivale a 0,66 kg diarios por persona. En Brasil, de acuerdo con datos recientes, este volumen es de 0,60 a 1,20 kg diarios por persona¹⁰. La propiedad y operación de la mayoría de basureros y vertederos está en manos de los municipios, aunque en años recientes algunos de los vertederos de mayor tamaño han sido adquiridos por empresas privadas en términos concesionales. Aparte de la descarga en vertederos, se recurre a la incineración para los residuos hospitalarios y al compostaje para una escasa proporción de los residuos sólidos.

B. Contribución de los vertederos a las emisiones globales de gases de efecto invernadero

3.2 El gas generado en los vertederos está compuesto en alrededor de un 50% por CH₄, un gas cuyo efecto invernadero es 23 veces superior por tonelada al del CO₂. Las emisiones de CH₄ producen aproximadamente el 14% del efecto invernadero total¹¹ y provienen en un 10% de vertederos. Así pues, cerca del 1,4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero se origina en vertederos, y aproximadamente el 0,13% corresponde a América Latina y el Caribe.

IV. GENERACIÓN DE BIOGÁS

A. Generación de biogás en general

4.1 Una vez que los residuos sólidos urbanos se depositan en vertederos, la descomposición anaeróbica de materia orgánica, y por ende la producción de

⁹ Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe, publicación conjunta del BID y la Organización Panamericana de la Salud (1997).

¹⁰ *Methane to Market – Brazilian Country Profile* (2008).

¹¹ IPCC, Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación, 2007.

biogás, se inicia pasados algunos meses, e incluso al cabo de pocas semanas. Estas emisiones se componen principalmente de CH₄ (40%-60%), CO₂ (25%-50%) N₂ (3%-15%) y O₂ (0%-4%) (estos dos últimos compuestos por la penetración de aire de la atmósfera en el vertedero). El biogás también contiene pequeñas cantidades de otros gases y habitualmente está saturado de humedad.

- 4.2 La producción de biogás depende de varios parámetros, a saber: (i) la temperatura en el vertedero (a mayor temperatura, más rápida es la descomposición y la producción de biogás); (ii) el índice de humedad de la masa de residuos, determinado por el tipo de desechos y el nivel de precipitaciones en la zona (la producción óptima de biogás requiere un nivel de humedad del 50%-60% o superior; (iii) la composición de los residuos (el contenido de carbono degradable determina la producción potencial de biogás); (iv) la estructura de los residuos (las partículas pequeñas ofrecen condiciones más apropiadas para las bacterias productoras de metano); (v) la antigüedad de los residuos (en general, la producción máxima ocurre entre 3 y 8 años después del vertido y decrece gradualmente durante los 30 a 75 años siguientes; (vi) el uso de una cobertura final para impedir la penetración de aire de la atmósfera, permitiendo no obstante la infiltración del agua de lluvia, y (vii) el diseño, el plan operativo y las prácticas de relleno en las instalaciones, en especial las prácticas de compactación y cobertura.
- 4.3 Durante los últimos 30 años se han desarrollado diversos modelos para estimar la producción y extracción de biogás: (i) el modelo de orden cero toma como supuesto la producción de un volumen anual constante de biogás hasta que todo el carbono degradable se descomponga; al no incluir el efecto de la antigüedad de los residuos, este modelo sólo permite una estimación de las emisiones nacionales y globales de biogás; (ii) el modelo de primer orden parte del supuesto de que los residuos se degrada de forma exponencial con el tiempo; un modelo de primer orden usado con frecuencia es el modelo de emisiones de biogás (LandGEM) 3.02 de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos¹²; este modelo se ha modificado para algunos países de América Latina y el Caribe; (iii) el modelo multifase tiene en cuenta volúmenes específicos de distintos tipos de residuos, incluido su contenido en carbono, para estimar la producción de biogás a partir de cada categoría de residuos. Este modelo se utiliza para las estimaciones en proyectos del MDL y puede consultarse en el sitio virtual del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)¹³. El uso de esos modelos y de los parámetros e insumos apropiados para el cálculo exige experiencia y conocimientos especializados en tratamiento de desechos y plantas de biogás a fin de evitar, en especial, una sobreestimación de la producción de biogás, como ha ocurrido en numerosas ocasiones.

¹² EPA, Modelo de emisiones de biogás LandGEM, v. 3.02: <http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html>; Programa de Aprovechamiento del Metano de los Vertederos – Modelos internacionales de biogás: <http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html>.

¹³ Directrices 2006 del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 (Desechos), Sección 3: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>.

B. Potencial del biogás

- 4.4 En 2003, se contabilizó a nivel mundial un total de 1.150 plantas de conversión de biogás en energía¹⁴. Sin embargo, esta información no es del todo exacta, ya que pocos países disponen de datos nacionales completos para este tipo de plantas y gran parte de la información se recopila con la colaboración de expertos locales. En los Estados Unidos, sin embargo, la EPA ha compilado información actualizada sobre 509 plantas de biogás operativas en ese país hasta 2009. La nueva información y las estimaciones basadas en datos previos indican que en 2008 existían en el mundo aproximadamente 1.400 plantas de biogás.
- 4.5 En este estudio a nivel mundial¹⁵ también se examinó la tasa real de extracción (m^3 de biogás por tonelada de residuos al año) a partir de las plantas de biogás existentes¹⁶. El análisis arrojó una tasa de extracción de 3 a 6 m^3 de biogás por tonelada de residuos sólidos al año durante la vida útil de cada uno de los vertederos estudiados. En muchos casos las tasas estimada y real difieren y, según demostró un estudio del Banco Mundial de 2007, las estimaciones iniciales parecen en su mayoría demasiado optimistas¹⁷. En América Latina, tan sólo funciona un número limitado de plantas de biogás con instalaciones generadoras de energía. En cuatro de los cinco proyectos en la región analizados como parte del estudio del Banco Mundial, las tasas de extracción oscilaban entre 2 y 5 m^3 de biogás por tonelada al año, con excepción de una instalación en la que el nivel extremadamente alto de lixiviado impedía la extracción de los pozos de gas, limitando la extracción a tan sólo 0,5 m^3 anuales de gas por tonelada.

V. TECNOLOGÍA DISPONIBLE DE APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS E IMPLICACIONES ECONÓMICAS

A. Tecnología de aprovechamiento del biogás

- 5.1 Una planta de biogás consta de un sistema de captación, quema y aprovechamiento. El sistema de captación más común consiste en una serie de pozos verticales equipados con tubos perforados de plástico rodeados de grava. El sistema de extracción también puede construirse empleando tubos perforados horizontales en trincheras de grava en el vertedero. Es necesario instalar el sistema horizontal durante el llenado del vertedero, lo cual permite facilitar la extracción del biogás durante la vida activa de depósito de residuos en la instalación y, de este modo, mejorar la captación de una mayor parte del gas generado. Los pozos de gas o los

¹⁴ Revista de la Asociación internacional de residuos sólidos (ISWA), *Waste Management World*, julio-agosto de 2004: "Landfill gas recovery plants. Looking at types and numbers worldwide", Hans Willumsen, LFG Consult.

¹⁵ *Ibíd.*

¹⁶ Tan sólo un máximo de aproximadamente el 50% del biogás total generado puede ser recuperado y utilizado por los sistemas.

¹⁷ Informe del Banco Mundial, "Design vs. Actual Performance and the Future for CDM Projects" (2007), Horacio Terraza, Helvécio Guimarães (Banco Mundial) y Hans Willumsen (LFG Consult).

- colectores horizontales se comunican con un sistema de tuberías de conducción (enterrado o en superficie) que va conectado a un soplador de gas o compresor. Esto genera una presión negativa para la extracción del biogás a la antorcha o a la planta de producción de energía.
- 5.2 Existen dos tipos de antorchas de quemado: de llama abierta y de llama oculta¹⁸. Sólo las antorchas de llama oculta pueden controlar efectivamente la combustión y la reducción de emisiones. Cuando el biogás se quema en antorcha de llama oculta o se utiliza con fines de generación de energía, casi todo el CH₄ generado se destruye, produciendo una emisión prácticamente neutra en CO₂. Según el diseño, la eficiencia de la llama oculta en términos de destrucción y eliminación oscila entre el 95% y el 99%.
- 5.3 El biogás puede usarse en la generación de energía siempre que las condiciones del mercado energético local aseguren su viabilidad. La energía producida de esta forma desplaza el consumo de combustibles fósiles y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero por las plantas generadoras existentes. Los sistemas de aprovechamiento de la energía del biogás pueden ser de varios tipos: (i) las unidades de motor de gas o generador constituyen el medio más común para producir electricidad a partir de biogás. Para plantas pequeñas y medianas, es frecuente albergar grupos motor-generador en una solución de contenedor, que por lo común se ofrece en unidades de hasta 1 MW. En algunos casos, el calor recuperado a partir del enfriamiento del motor y los gases de escape se utiliza con fines de calefacción. Los sistemas de producción combinada de calor y electricidad (CHP) permiten un aprovechamiento mucho más eficiente de la energía si se da un uso adecuado al calor excedente recuperado. En algunas plantas más grandes de biogás se utilizan turbinas de gas o de vapor; (ii) la producción de calor en un sistema de calderas es otro uso frecuente dado al biogás, el cual puede quemarse en un horno o sala de calderas para producir agua caliente, vapor o aire caliente para calefacción o secado; (iii) el biogás puede utilizarse directamente en diversos procesos de fabricación, como los hornos de ladrilleras, la producción de cemento, la evaporación de lixiviados, etc.; (iv) el biogás puede ser refinado en gas natural mediante la eliminación de componentes distintos del CH₄ (principalmente el CO₂) e inyectado en la red de gas natural; (v) el biogás también se utiliza como combustible para vehículos tras un proceso de eliminación de componentes distintos del CH₄ y compresión; y, por último, (vi) el biogás puede alimentar pilas de combustible aunque, por su elevado costo, esta tecnología aún no es viable en términos comerciales.
- 5.4 Para América Latina y el Caribe, las soluciones de aplicación más evidente son la (i) y la (ii). La tecnología para producir energía a partir de unidades de motor de gas o generador y salas de calderas es ampliamente conocida, y existen en la región suficientes conocimientos y experiencia en la materia, así como piezas de recambio.

¹⁸ La quema se efectúa por razones medioambientales (reducción de las emisiones de metano), pero ante todo para atenuar los riesgos de incendio y explosión.

B. Implicaciones económicas de la construcción de plantas de biogás

5.5 En el Cuadro 1 se resumen los costos de inversión asociados a la tecnología de biogás más apropiada para América Latina y el Caribe. En general, la construcción y operación de plantas de biogás es económicamente viable en los países de la región.

| Componentes | Costo | Costo/t²⁰ (US\$) |
|--|--|------------------------------------|
| Preparación del proyecto | 10% - 15% de la inversión total | 0,08 - 0,18 US\$/t |
| Sistema de captación | 30.000 - 50.000 US\$/ha | 0,15 - 0,40 US\$/t |
| Sistema de bombeo de gas ²¹ | 75 - 200 US\$/m ³ biogás/hora | 0,05 - 0,30 US\$/t |
| Sistema de quemado | 40 - 80 US\$/m ³ biogás/hora | 0,02 - 0,04 US\$/t |
| Unidades de motor de gas/ generador | 1.100 - 1.700 US\$/kWe instalado | 0,60 - 1,10 US\$/t |
| Sala de calderas | 40 - 80 US\$/kWCalor instalado | 0,17 - 0,34 US\$/t |

5.6 En el Cuadro 2 se resumen los costos de operación y mantenimiento asociados a la tecnología de biogás más apropiada para América Latina y el Caribe:

| Tipo de planta de biogás | Costo anual de operación y mantenimiento |
|---------------------------------------|---|
| Planta con sistema de antorcha | 4% - 8% del costo total de la inversión |
| Planta con sistema de calderas | 4% - 8% del costo total de la inversión |
| Planta con producción de electricidad | 10% - 12% del costo total de la inversión |

VI. ENFOQUE DE OTROS BANCOS MULTILATERALES DE DESARROLLO PARA EL FINANCIAMIENTO DE VERTEDEROS Y PLANTAS DE BIOGÁS

6.1 La mayoría de los bancos multilaterales de desarrollo han considerado adoptar estrategias o marcos de acción frente al cambio climático. Sin embargo, el BID es el primero en proponer directrices y criterios específicos para las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por los vertederos.

6.2 En 2005, el Banco Mundial articuló una estrategia de financiamiento del carbono centrada en tres objetivos: (i) asegurar que el financiamiento del carbono contribuya al desarrollo sostenible; (ii) apuntalar los esfuerzos dirigidos a establecer, mantener

¹⁹ IDB Guidance Note on Landfill Gas Capture and Utilization, Horacio Terraza y Hans Willumsen, 2010.

²⁰ Toneladas de residuos en vertedero.

²¹ Incluye el soplador o compresor, el control y la regulación y el tratamiento.

²² *Ibíd.*

y ampliar el mercado internacional de reducciones certificadas de emisiones, y (iii) reforzar la capacidad de los países en desarrollo para beneficiarse del mercado emergente de reducciones certificadas de emisiones. El Banco Mundial ha emprendido varias iniciativas sobre cambio climático²³ y, en octubre de 2008, introdujo un Marco Estratégico sobre Desarrollo y Cambio Climático²⁴ en el cual se esbozan los criterios para potenciar el crecimiento de proyectos con bajo nivel de emisiones de carbono (tales como proyectos de biomasa). Previamente a la financiación de un proyecto de construcción de vertederos, el Banco Mundial exige la elaboración de una evaluación ambiental²⁵ durante la preparación del proyecto. La institución no cuenta con directrices específicas que gobiernen las emisiones de gases de efecto invernadero para proyectos de este tipo. La Corporación Financiera Internacional (IFC) recomienda una serie de métodos para controlar y supervisar las emisiones de biogás, entre los que se incluyen la captación y el uso previo o la destrucción térmica mediante un sistema eficiente de quemado²⁶.

- 6.3 El Banco Asiático de Desarrollo (BAsD) tiene un Programa de Cambio Climático²⁷, un Programa de Energía Limpia y Medio Ambiente²⁸ y una Iniciativa para el Mercado del Carbono²⁹. Con miras a promover proyectos de biogás, el BAsD ha participado desde 2006 como miembro de la Asociación *Methane to Markets*³⁰, creada por la EPA de los Estados Unidos para promover la captación del biogás y su aprovechamiento con fines energéticos. Al igual que el Banco Mundial, el BAsD exige para proyectos de construcción de vertederos una evaluación ambiental en la que deben especificarse los potenciales efectos ambientales de las emisiones de gases. El BAsD promueve la inclusión de plantas de biogás en dichos proyectos, aunque esto no es indispensable para la obtención de financiamiento.

²³ Información esencial en el sitio virtual del Banco Mundial:
<http://web.worldbank.org/wbsite/external/topics/extsdnet/0,,pagepk:64885161~contentmdk:22339544~pipk:5929285~thesitepk:5929282,00.html>.

²⁴ Grupo del Banco Mundial: Marco estratégico sobre desarrollo y cambio climático, 12 de octubre de 2008, en la página sobre cambio climático: <http://beta.worldbank.org/>.

²⁵ Evaluación ambiental del Banco Mundial:
<http://web.worldbank.org/wbsite/external/topics/environment/extenvass/0,,menuupk:407994~pagepk:149018~pipk:149093~thesitepk:407988,00.html>.

²⁶ IFC, Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de manejo de residuos, 10 de diciembre de 2007:
[http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_WasteManagement_Spanish/\\$FILE/0000199659ESes+Waste+Management+Facilities+rev+cc.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_WasteManagement_Spanish/$FILE/0000199659ESes+Waste+Management+Facilities+rev+cc.pdf).

²⁷ BAsD, programas sobre cambio climático: <http://www.adb.org/documents/brochures/climate-change/default.asp>.

²⁸ BAsD, Programa de Energía Limpia y Medio Ambiente: <http://www.adb.org/documents/clean-energy/ce-evolution.pdf>.

²⁹ BAsD, Iniciativa para el Mercado del Carbono: <http://www.adb.org/clean-energy/cmi.asp>.

³⁰ Asociación *Methane to Markets*: <http://www.methanetomarkets.org/m2m2009/index.aspx>.

- 6.4 El Banco Africano de Desarrollo presentó en marzo de 2008 el Marco de Inversiones en Energía Limpia (CEIF), que establece una agenda para incorporar opciones de energía no contaminante y promover inversiones en tal sentido. En África, donde la mayor parte de los residuos se arroja en basureros, apenas existen unos pocos vertederos sanitarios (en todo el continente funcionan tan sólo entre 5 y 10 plantas de biogás). En el CEIF se señala esta opción como una oportunidad para generar energía limpia y se alienta a construir plantas de biogás para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- 6.5 En el caso del Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD), sólo son elegibles para recibir apoyo aquellos proyectos que se ciñan a las directivas de la Unión Europea (UE)³¹. Antes de la construcción de un vertedero debe llevarse a cabo una evaluación de impacto ambiental y social. Como mínimo se exige la presencia de un sistema de quema de gas y, cuando sea económicamente viable, el aprovechamiento del biogás con fines de energía.

VII. OTRAS DIRECTRICES

- 7.1 La mayor parte de los países desarrollados han establecido normas y exigencias para la extracción y destrucción de biogás por consideraciones ambientales y de seguridad, mas no de cambio climático. Sin embargo, las normas difieren de un país a otro. En la UE, se establecen requisitos mínimos para todos los Estados miembros, aunque cada país puede imponer restricciones adicionales. En los Estados Unidos existen una normativa federal basada en el desempeño sobre captación y control de biogás, y algunos estados cuentan con normas propias más restrictivas.
- 7.2 Los requisitos mínimos para los Estados miembros de la UE se recogen en la Directiva 1999/31/EC del Consejo de la Unión Europea del 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos (directiva sobre vertederos)³². Esta directiva exige la adopción de medidas idóneas para controlar la acumulación de biogás, tales como la reducción del contenido de residuos biodegradables en los vertidos y el control de las emisiones de gas. Las normas se están aplicando de forma gradual, aunque algunos países ya han prohibido el depósito de residuos orgánicos en vertederos. En esos casos, los residuos orgánicos son incinerados, compostados o convertidos en materia inerte mediante un proceso de tratamiento biomecánico. A su vez, el gas de los vertederos que reciban residuos biodegradables debe ser recuperado, tratado y utilizado. En caso de que no pueda aprovecharse para producir energía, el gas recuperado debe quemarse. Las disposiciones detalladas de la directiva sobre captación, tratamiento y aprovechamiento del biogás son administradas por los organismos locales de protección del medio ambiente y deben aplicarse en un modo que reduzca al mínimo los riesgos para la salud humana y los daños o el deterioro para el medio ambiente.

³¹ Unión Europea, Directiva relativa al vertido de residuos:
<http://eur-lex.europa.eu/lexuriserv/lexuriserv.do?uri=oj:l:1999:182:0001:0019:en:pdf> .

³² *Ibíd.*

- 7.3 En los Estados Unidos, la regulación del biogás se hace en los niveles federal y estatal. A nivel federal, la ley de protección de la calidad del aire (*Clean Air Act*)^{33, 34} regula las emisiones contaminantes para asegurar que la calidad del aire se ajuste a las normas especificadas de salud y bienestar. Los requisitos básicos aplicables son iguales para vertederos nuevos y existentes. Para cualquier vertedero con una capacidad de diseño mayor de 2,5 millones de toneladas que emita compuestos orgánicos distintos del metano a razón de 50 toneladas por año, la EPA exige la instalación de un sistema de captación y control de gas. Para calcular dichos compuestos, el propietario del vertedero puede utilizar el modelo de la EPA para emisiones de biogás (LandGEM), versión 3.02³⁵. Algunos estados aplican requisitos aún más estrictos. En California, por ejemplo, es preceptivo efectuar la captación de gases a partir de tan sólo 450.000 toneladas de residuos en vertedero. Sin embargo, la EPA se propone promulgar en un futuro próximo normas sobre gases de efecto invernadero al amparo de la ley de protección de la calidad del aire que incluyan el metano emitido por fuentes de gran magnitud.

VIII. DIRECTRICES QUE DEBE SEGUIR EL BID PARA FINANCIAR NUEVOS VERTEDEROS Y PLANTAS DE BIOGÁS

- 8.1 El BID está comprometido con una estrategia de largo plazo favorable al desarrollo de proyectos de biogás que reduzcan el impacto sobre el cambio climático. Si bien algunas operaciones del BID incluyen la construcción de vertederos, aún no se ha construido un vertedero específicamente financiado por la institución. No obstante, está previsto construir varias instalaciones de ese tipo en los próximos cinco años. Ante el rápido proceso de urbanización en América Latina y el Caribe, crece la necesidad de nuevos vertederos y recursos con los cuales financiarlos.
- 8.2 Por consiguiente, el BID debe responder actualmente, y probablemente durante los próximos años, a una creciente demanda de financiamiento en este sentido por parte de sus países miembros. El Banco está desarrollando herramientas para apoyar proyectos de construcción de vertederos, incluidas aquellas para el cálculo y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. El BID respaldará la construcción de vertederos diseñados para cumplir los criterios mínimos de desempeño en materia de cambio climático mediante la instalación y supervisión de sistemas de gestión de gases de vertedero, lo que incluye la destrucción de gases de efecto invernadero por quema o aprovechamiento de energía. El BID también respaldará prácticas recomendadas para estimar las emisiones y posibles reducciones de gases de efecto invernadero, así como el desarrollo de normativas nacionales y locales.

³³ Ley de protección de la calidad del aire: <http://epw.senate.gov/envlaws/cleanair.pdf>.

³⁴ Información sobre la ley de protección de la calidad del aire: <http://www.epa.gov/air/caa/index.html>.

³⁵ Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos, Modelo de emisiones de biogás LandGEM, v. 3.02: <http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html>. Véase también: Programa de Aprovechamiento del Metano de los Vertederos – Modelos internacionales de biogás: <http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html>.

- 8.3 La elegibilidad de un proyecto de vertedero o de biogás para recibir financiamiento del BID requerirá ya sea el cumplimiento de las directrices o criterios mínimos de desempeño en materia de cambio climático aprobados, o el compromiso de ceñirse a tales criterios. El cumplimiento de los criterios deberá verificarse durante el análisis o el proceso de debida diligencia y confirmarse previamente a la aprobación del Directorio, o bien el prestatario deberá comprometerse a observar dichos criterios durante la ejecución del proyecto.
- 8.4 El Cuadro 3 presenta los criterios mínimos de desempeño en materia de cambio climático que los proyectos habrán de cumplir para ser elegibles al financiamiento del BID. Estos criterios se basan en un conjunto de prácticas óptimas y en una visión realista de la capacidad económica de las ciudades de América Latina y el Caribe para cumplirlos. Las directrices y requisitos de otros bancos multilaterales de desarrollo y países, conforme se han descrito en la sección VII, tienen por finalidad primordial mitigar riesgos de seguridad ocupacional y son difícilmente comparables con los criterios mínimos de desempeño en materia de cambio climático.
- 8.5 Los criterios mínimos de desempeño en materia de cambio climático que se exponen en el Cuadro 3 se revisarán periódicamente para incorporar las nuevas realidades tecnológicas e institucionales y la experiencia del Banco en la aplicación de estas directrices en los proyectos.

IX. CRITERIOS MÍNIMOS DE DESEMPEÑO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO

- 9.1 En el Cuadro 3 se exponen los requisitos que deberán cumplirse en la construcción de vertederos y el diseño de plantas de biogás para que los proyectos sean elegibles al financiamiento del BID.

| Cuadro 3: En la fase de elegibilidad | | |
|---|------------------------------------|--|
| Vertido diario (t/día) | Profundidad del relleno (m) | Requisitos de diseño |
| 400 – 750 | >10 | En el caso de un vertedero diseñado para recibir entre 400 y 750 toneladas de residuos sólidos al día y con una profundidad de más de 10 m (del revestimiento inferior a la cobertura final), deberá incorporarse en el diseño del proyecto, como mínimo, un sistema de captación de gas ³⁶ de llama abierta para efectos de mitigación del cambio climático. |
| >750 | >10 | En el caso de un vertedero diseñado para recibir más de 750 toneladas de residuos sólidos al día y con una profundidad de más de 10 m (del revestimiento inferior a la cobertura final), deberá incorporarse en el diseño del proyecto un sistema de captación activa de gas ³⁷ de llama oculta para efectos de mitigación del cambio climático ³⁸ . |

- 9.2 En el caso de vertederos diseñados para recibir más de 750 toneladas de residuos sólidos al día, es práctica recomendada llevar a cabo estudios de viabilidad para el aprovechamiento de la energía.

³⁶ Sistemas de escape de inducción natural, construidos y operados de modo tal que la llama arda la mayor parte del tiempo.

³⁷ Sistemas de escape de inducción electromecánica (soplador/compresor de gas que genera una presión negativa en el sistema de captación).

³⁸ En términos de eficiencia operativa, se recomienda que el sistema de captación y quema de biogás esté operativo cuando se alcance una tasa de flujo de 500m³/hora.