

Fundamentos sobre los Rellenos Sanitarios y Biogás

Ing. Jose Luis Davila
Gerente de Proyectos
SCS Engineers

La Serena,
Región de Coquimbo
30 de marzo de 2012

El Relleno Sanitario

Relleno Sanitario es un método de disposición de residuos sólidos en el suelo que no causa molestias ni peligros para la salud humana o el medio ambiente.

Fundamentos sobre los Rellenos Sanitarios

- Protección de la Salud Humana y del Medio Ambiente
 - Mejor calidad del aire
 - Protección del agua subterránea
- Operaciones que afectan la generación del biogás
 - Compactación
 - Cobertura diaria
 - Control de los lixiviados

Relleño Sanitario Moderno



Recubrimientos Inferiores

- Los recubrimientos proporcionan contención de contaminantes.
- Disminuye la contaminación de las aguas subterráneas.
- Disminuye la migración de biogás.

Recubrimientos de Arcilla

- Son fáciles de instalar.
- Usualmente se pueden conseguir fácilmente
- Generalmente de 60 cm de grueso.
- Compactado con capas de 15 cm.
- Tratar de lograr un permeabilidad de menos de 10^{-6} cm/sec.

Recubrimiento de Arcilla en un Relleno Sanitario



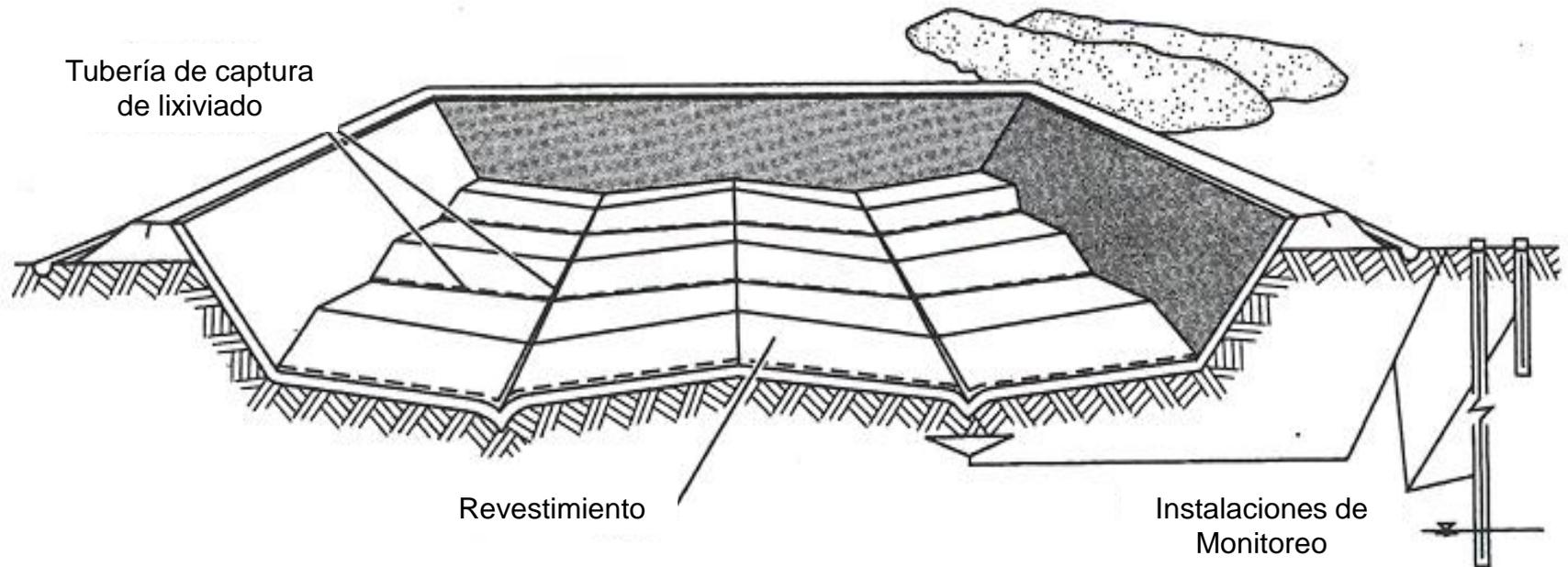
Revestimientos Compuestos

- Utiliza el revestimiento de arcilla como la capa base.
- Adiciona una geo-membrana sobre la arcilla.
- Proporciona mayor protección al ambiente.

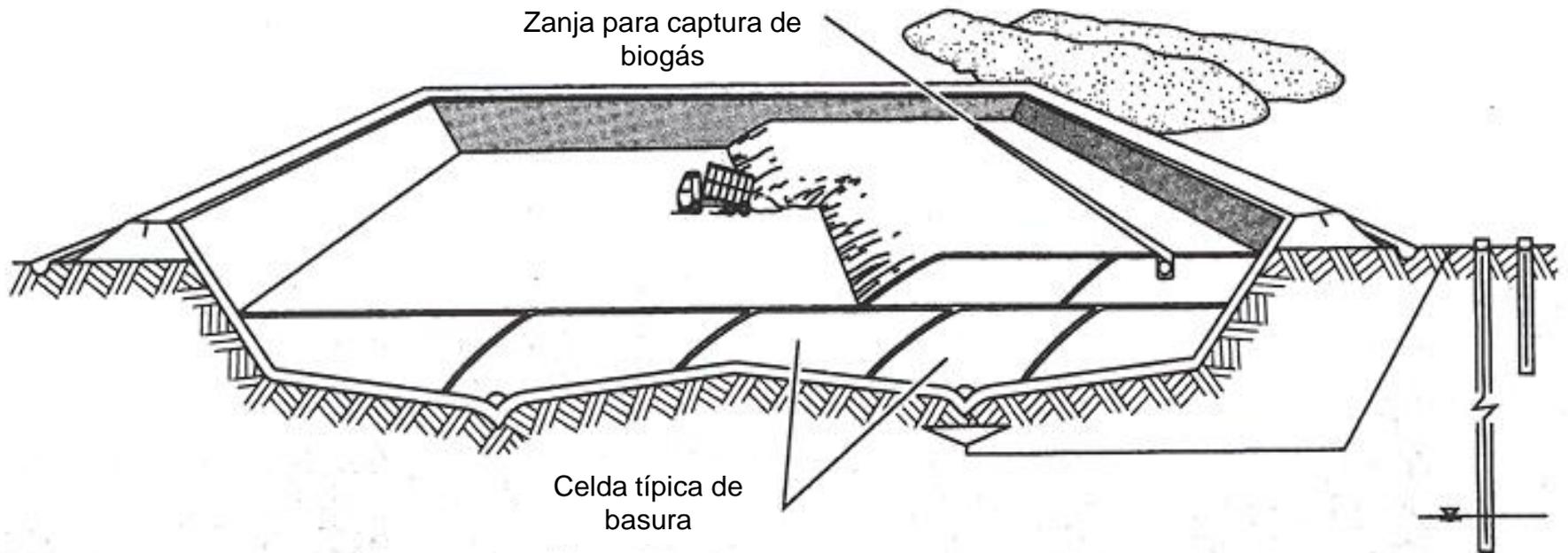
Recubrimiento Compuesto en un Relleno Sanitario



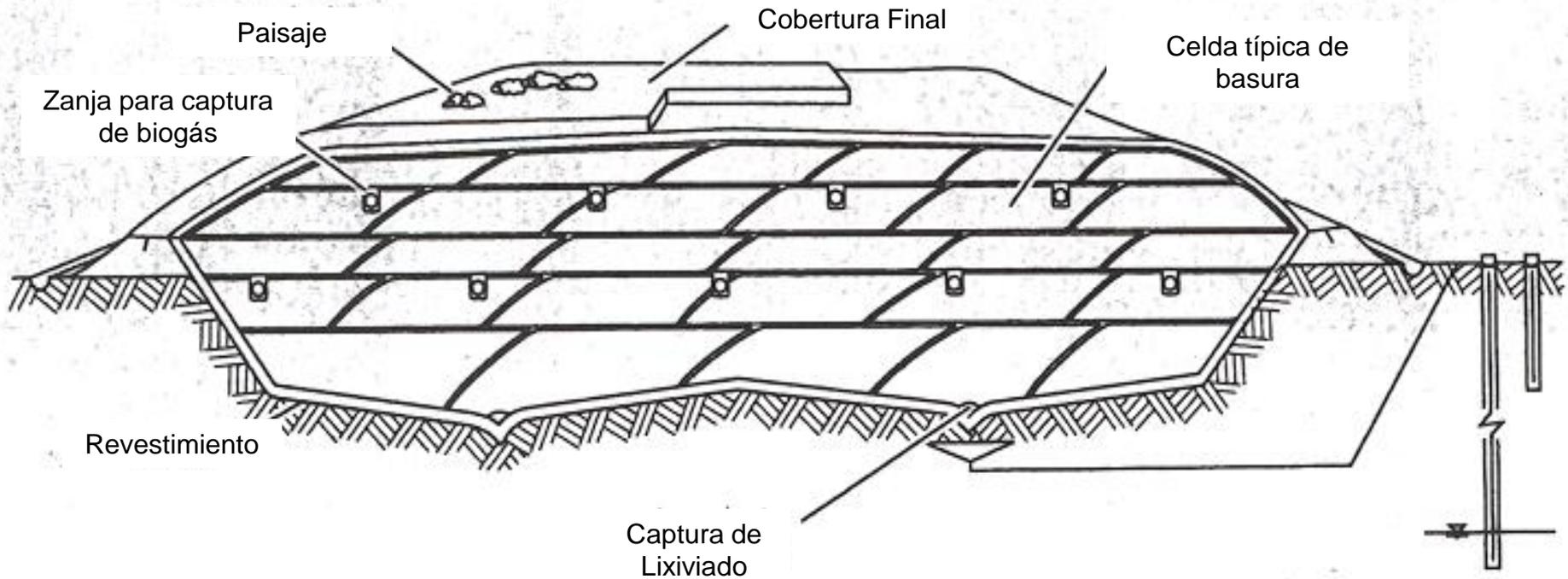
Desarrollo de un Relleno Sanitario



Relleño Sanitario durante Operación



Relleño Sanitario Terminado



Cobertura Final

- Proporciona protección de la salud humana y del medio ambiente
- Proporciona barrera para la escurrimiento pluvial
- Proporciona protección contra incendios
- Reduce la infiltración de aguas de lluvia.
- Mejora la generación de biogás
- Mejora la capacidad de capturar el biogás
- Reduce los malos olores
- Proporciona control vectorial

Componentes de la Cobertura Final

- Cobertura de Tierra Compactada
 - Material arcilloso con baja permeabilidad (60 cm.)
 - Capa de Suelo – tierra para sostener la vegetación (15 a 30 cm.)
- Geo-membrana
 - Se puede utilizar para reducir aun mas la infiltración.
 - Si se utiliza se debe colocar encima de la capa de arcilla.
 - Debe estar en contacto directo con la arcilla.

Componentes de la Cobertura Final

- **Controles de Agua de Lluvia**
 - El objetivo principal es eliminar el agua de lluvia antes de que se convierta en lixiviado
 - Debe prevenir la erosión de la cubierta final
 - Bermas pueden utilizarse en cuestas empinadas
 - Escollera y gaviones puede ser utilizados en áreas de alta erosión
 - La cima del relleno sanitario debe tener pendiente para promover el escurrimiento (es decir, forma de cúpula)

Mantenimiento de la Cobertura Final

- Inspeccione mensualmente la cubierta
 - Rellene la grietas con tierra
 - Repare la erosión
 - Corte la vegetación durante la temporada de crecimiento
 - Re-nivele zonas bajas para prevenir encharcamiento
 - Adicione una capa de tierra de 60 cm. de profundidad a las zonas donde se observe humo

Biogás

- Se produce por la descomposición de los residuos sólidos
- La cantidad y composición dependen de las características de los residuos sólidos
- El aumento en la cantidad de materia orgánica equivale a un aumento en la generación de biogás
- La producción de biogás se acaba cuando se termina la descomposición.
- Puede utilizarse para generar energía

Biogás: Composición Típica

- Metano (CH_4)
 - 50% a 60%
- Dióxido de Carbono (CO_2)
 - 40% a 50%
- Compuestos Orgánicos No-Metánicos (NMOCs)
 - Trazas
- Valor Calorífico
 - 500 Btu/pies cúbico Standard (scf) = 4166 kCal/Nm³
- Contenido de Humedad
 - Saturado



Metano (CH₄)

- Incoloro
- Inodoro e Insípido
- Mas ligero que el aire
- Relativamente insoluble en agua
- Altamente explosivo
 - Limite Inferior de Explosividad = 5% en el aire
 - Limite Superior de Explosividad = 15% en el aire

Metano (CH₄)

- ¿Por qué el metano es un gas de efecto invernadero?
 - El metano absorbe la radiación infrarroja terrestre (calor) que, de otro modo, escaparía al espacio (característica de GEI)
- El metano es un GEI 21 veces mas potente por peso que el CO₂
- En cualquier momento, el metano es mas abundante en la atmósfera ahora que en los últimos 400.000 años y 150% mas alto que en el año 1750.

Estimación de la Generación del Biogás - Modelos

- EPA EE.UU. (US EPA)
 - LandGEM (v.3.02)
 - Modelo Colombiano de Biogás, 1.0
 - Modelo Mexicano de Biogás, 2.0
 - Modelo Ecuatoriano
 - Modelo Centroamericano de Biogás
- Modelo del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2006).
- GasSim (UK)
- Modelo de Scholl Canyon.

Ecuación de Descomposición de Primer Orden para Estimar la Generación de Metano en los Vertederos

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k \cdot L_0 \cdot \left[\frac{M_i}{10} \right] \cdot e^{-kt_{ij}}$$

- **Ecuación de generación de metano para rellenos sanitarios usada por la EPA LandGEM con las siguientes variables:**
 - Q_{CH_4} = Generación anual de metano en el año calculado ($m^3/año$)
 - M_i = Índice de disposición de residuos ($Mg/año$)
 - L_0 = Potencial de la generación de metano (m^3/Mg)
 - k = Constante del índice de generación de metano ($1/año$)
 - n = (año calculado) – (año inicial de aceptación de los residuos)
 - i = 1 incremento del año
 - j = 0.1 incremento del año
 - t_{ij} = Edad de la j sección de residuos aceptados en el año i

Variable L_0 del Modelo

- **Variable L_0 (m^3/Mg)**
 - Representa el volumen de metano que se puede producir por un Mg de residuos.
 - Esta en función del contenido orgánico de los residuos (no incluyendo el agua)
 - El estimado están basados en la composición de los residuos
 - Afecta directamente (linealmente) la generación de metano
 - Valor promedio de L_0 usado por la EPA para residuos en los EE.UU. = $100 m^3/Mg$



Variable k del Modelo

- **Variable k (1/año)**

- Representa el índice de descomposición de los residuos o la fracción del potencial restante de metano emitido por año
- La variable k también puede ser expresado como el período según la ecuación siguiente:

$$\text{Periodo } (t_{1/2}) = \ln(2) / k$$

- La variable k esta en función de la humedad de los residuos, disponibilidad del nutriente, temperatura y pH
- La variable k es una constante y el exponente en la ecuación de primer orden
- El valor de la EPA para residuos en los EE.UU. en climas moderados a mojados es = 0.04/año

Uso de los Modelos de Generación de Biogás de Rellenos Sanitarios

- Evaluaciones y proyecciones sobre el uso del biogás.
- Estudios de pre-factibilidad.
- Diseño de sistemas de captura.
- Diseño de sistemas para la utilización.
- Propósitos regulatorios.

Factores Principales que afectan la Producción de Biogás

- Cantidad de residuos depositados por año.
- Composición de los desechos.
 - Contenido de desechos orgánicos (fracción biodegradable).
 - Humedad en los desechos.
 - Tasa de degradación de los residuos.
 - Temperatura de la masa de residuos.
- Precipitación anual del sitio.
- Operaciones y mantenimiento que afectan la generación del biogás.
 - Compactación.
 - Cobertura diaria.
 - Control de lixiviados.
 - Cobertura final.

Estimación de la Generación del Biogas – Modelos

- LandGEM (v.3.02) – EPA, <http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html#software>
- Modelo Colombiano de Biogas 1.0 – EPA, <http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html#a08>
- Modelo Ecuatoriano – EPA, <http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html#a03>
- Modelo Centroamericano de Biogás –EPA, <http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html#a01>
- Modelo Mexicano de Biogás, 2.0 – EPA, <http://www.epa.gov/lmop/international/tools.html#a04>
- Modelo del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2006), <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>
- GasSim(UK), <http://www.gassim.co.uk/>
- Modelo de Scholl Canyon.

Información en la Web sobre el Biogas

- www.epa.gov/lmop
- www.globalmethane.org
- www.iswa.org

PREGUNTAS
