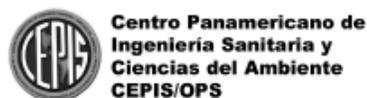




# *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos*



2004  
Lima, Perú



## Contenido

	<b>Pág.</b>
Preguntas frecuentes	5
<b>1. Presentación</b>	<b>7</b>
<b>2. Situación de la disposición final de los residuos sólidos municipales</b>	
<b>3. Proceso general de clausura de un botadero</b>	
<b>4. Categorización de los botaderos y decisión sobre su clausura o conversión</b>	<b>17</b>
4.1 Evaluación del riesgo ambiental de los botaderos y categorización de los botaderos	19
4.2 Control de riesgos: incendios en botaderos	21
4.4 Metodología para la categorización de un botadero	25
4.4 Estudio de caso: Botadero de Lurín, Lima	28
4.5 Definición de las acciones a ejecutar	29
<b>5. Clausura o cierre definitivo del botadero</b>	<b>31</b>
5.1 Uso final del suelo	35
5.2 Programa de adecuación de manejo ambiental	36
5.3 Proyecto de saneamiento ambiental	39
<b>6. Rehabilitación del sitio de disposición final</b>	<b>45</b>
6.1 Definición de las medidas de planificación	47
6.2 Estudios técnicos	47
6.3 Rehabilitación del botadero	50
<b>7. Proceso administrativo del proyecto de clausura</b>	<b>59</b>
7.1 Autorización del proyecto de clausura	61
7.2 Proyecto de clausura	62
<b>8. Autoevaluación</b>	<b>65</b>
<b>Referencias</b>	<b>71</b>
<b>Definiciones</b>	<b>76</b>
<b>Anexo 1: Ficha de evaluación de botaderos</b>	<b>79</b>
<b>Cartilla de instrucción para la ficha de evaluación de botaderos</b>	<b>83</b>

## Relación de figuras

Figura 2-1	Impactos ambientales de los botaderos
Figura 3-1	Control de la dirección del aire
Figura 3-2	Aislamiento del incendio con una franja de tierra
Figura 5-1	Botadero de la ciudad de Pucallpa
Figura 5-2	Esquema del marco legal de los residuos sólidos
Figura 5-3	Uso futuro: recuperación de un botadero
Figura 5-4	Diseño de cubierta final
Figura 5-5	Drenaje superficial
Figura 5-6	Sistema de impermeabilización y drenaje para lixiviados
Figura 5-7	Pozo con estructura de malla
Figura 5-8	Control de vectores y roedores
Figura 6-1	Proceso para la clausura y saneamiento de sitios de disposición final
Figura 6-2	Respiradero de gas con quemador simple
Figura 6-3	Sistema de captación de biogás

# Preguntas frecuentes

## 1. ¿A quién está dirigida esta guía?

Esta Guía está dirigida principalmente a los funcionarios y técnicos de las municipalidades, así como a los especialistas que trabajan en programas y proyectos de manejo de residuos sólidos. Se ha procurado emplear un lenguaje sin tecnicismos para facilitar la comprensión del público en general.

## 2. ¿Cuál es la diferencia entre un botadero de residuos sólidos y un relleno sanitario?

Un botadero es el lugar donde se disponen los residuos sólidos sin ningún tipo de control; los residuos no se compactan ni cubren diariamente y eso produce olores desagradables, gases y líquidos contaminantes. Muchas veces en los botaderos existen recicladores y criadores de cerdos que ponen en riesgo la salud y contaminan el ambiente.

El relleno sanitario es una alternativa comprobada para la disposición final de los residuos sólidos. Los residuos sólidos se confinan en el menor volumen posible, se controla el tipo y la cantidad de residuos, hay ventilación para los gases, se evitan los olores no deseados y hay drenaje y tratamiento de los líquidos que se generan por la humedad de los residuos y por las lluvias.

## 3. ¿Por qué se deben tomar acciones respecto a los botaderos?

Se deben tomar acciones en los botaderos porque estos contaminan el ambiente y ponen en riesgo la salud. Un botadero puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire; además, genera olores y es foco de proliferación de insectos y roedores que transmiten enfermedades. Además, los botaderos no están permitidos por la ley (véase la VI Disposición Complementaria de la Ley General de Residuos Sólidos 27314 del 21 de julio de 2000).

## 4. ¿Qué se puede hacer con un botadero de residuos sólidos?

Existen dos grandes alternativas. La primera, convertir el botadero en un relleno sanitario, siempre y cuando el botadero reúna los requisitos planteados en esta Guía. La segunda alternativa es clausurar el botadero y rehabilitar el lugar de modo tal que no se generen impactos ambientales negativos.

## 5. ¿Qué instituciones intervienen en la conversión o clausura de un botadero?

La municipalidad y la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud son las instituciones que tienen competencia directa en la conversión o clausura de un botadero. Sin embargo, este trabajo se debe realizar en estrecha coordinación con la población local y con las personas que usan el botadero como medio de vida. También se puede acudir al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) para obtener orientación sobre el tema, puesto que su función es fomentar que los residuos sólidos se manejen adecuadamente.

## **6. ¿Cuánto cuesta convertir o clausurar un botadero?**

En el país aún no se puede fijar un costo universal para la conversión o clausura de un botadero porque ello depende de muchos factores locales, por ejemplo: a) el área que abarca el botadero, b) la cantidad y el tipo de residuo dispuesto en el lugar, c) el tipo de suelo, d) la profundidad del agua subterránea y la distancia a fuentes de agua superficial, e) la distancia de la población y la disponibilidad de vías de acceso.

# Presentación

Uno de los problemas más graves relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el Perú es su disposición final. Es común observar que las ciudades, aunque tengan un apropiado sistema de recolección de residuos sólidos, disponen sus residuos en los ríos, el mar, las quebradas y espacios públicos en general. La práctica de disponer los residuos en lugares abiertos, comúnmente denominados “botaderos”, es altamente nociva para el ambiente y pone en grave riesgo la salud de la población.

Los botaderos se pueden convertir en rellenos sanitarios o ser clausurados de modo tal que el lugar quede plenamente rehabilitado sin contaminación ambiental; sin embargo, en el Perú existen muy pocas experiencias de este tipo porque la disposición final de los residuos sólidos ha sido un tema que no ha tenido prioridad en las municipalidades y tampoco en la población local. Ante las importantes iniciativas de desarrollo socioeconómico, en armonía con el ambiente y la conservación de los recursos naturales que el país viene experimentando, la conversión y la rehabilitación de los botaderos representa un desafío impostergable. Más aún cuando la legislación peruana prohíbe expresamente el uso de los botaderos como medio para la disposición final de los residuos sólidos.

En este contexto, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) han aunado esfuerzos para poner a disposición esta Guía con la finalidad de contribuir a la conversión y clausura de los botaderos en el Perú.



# 2

## ***SITUACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES***



La disposición final de residuos municipales, última etapa de la gestión de residuos, no fue percibida inicialmente por los funcionarios encargados de los servicios de limpieza pública como una actividad importante, cuyo manejo inadecuado genera problemas ambientales que ponen en riesgo la salud de la población. Esto se debe a que antiguamente la generación de olores o agentes contaminantes y su impacto en el ambiente se atenuaba mediante la disposición final “lejos” de las zonas habitadas o los residuos se arrojaban a los cursos de agua. Otro elemento que reforzaba esta actitud era el tamaño de las ciudades y la poca producción de residuos, compuestos principalmente por desechos orgánicos y en menor medida por inorgánicos. Estas características afianzaban la idea de la reincorporación de los residuos a la naturaleza con impactos negativos mínimos sobre el ambiente.

En la segunda mitad del siglo pasado, las ciudades experimentaron un marcado crecimiento demográfico debido a la migración, la mayor cantidad y calidad de servicios, el cambio en los hábitos de consumo y, recientemente, debido a la necesidad de empleo e ingresos producto del desplazamiento generado por la violencia subversiva. Estos factores incrementaron la cantidad de los residuos y modificaron su composición. El avance científico también está permitiendo conocer más sobre el impacto negativo que tiene la inadecuada disposición de los residuos sobre la salud y el ambiente.

Hoy se sabe que la disposición inadecuada de desechos sólidos municipales en botaderos ocasiona impactos negativos en la salud humana y en el ambiente. Los factores que determinan la forma e intensidad del impacto están relacionados con el tipo predominante de residuo, distancia entre las zonas pobladas y los botaderos, profundidad de la napa freática, distancia y características de las fuentes de agua superficial que podrían verse afectados.

El manejo inadecuado de los residuos, especialmente la disposición final deficiente, conlleva a riesgos ambientales que se convierten en riesgos a la salud de corto y largo plazo. Pueden tener las siguientes causas:

- Alteración de la calidad del suelo debido a su contaminación con agentes patógenos procedentes de laboratorios clínicos, hospitales, centros de salud y clínicas particulares, que pueden sobrevivir o reproducirse en suelos ricos en materia orgánica.
- Transmisión de diferentes tipos de zoonosis por artrópodos y roedores que viven en los botaderos.
- Contaminación del suelo por excretas de roedores, perros, cerdos y aves.
- Transmisión de organismos patógenos de animales infectados al hombre, por contacto con el suelo, alimentos, agua y por la crianza de animales alimentados con residuos orgánicos contaminados.

- Contaminación del suelo con sustancias químicas o subproductos tóxicos de la materia orgánica que no puede ser absorbida por el medio debido a la cantidad exagerada y concentrada de sustancia orgánica.
- Contaminación del suelo por el vertido inadecuado de residuos especiales (químicos y biocontaminados) y peligrosos (metales pesados y otro tipo de residuos de la industria formal e informal).
- Aumento de vectores de enfermedades, tales como moscas, ratas, cucarachas, zancudos y mosquitos, tanto en las zonas aledañas al botadero como en el mismo.
- Producción de olores desagradables y ruidos.
- Contaminación del agua subterránea por percolación de lixiviados.
- Obstrucción de los drenajes abiertos de aguas superficiales.
- Contaminación directa de los cuerpos de agua y modificación de los sistemas naturales de drenaje por el vertido incontrolado de residuos en ellos.
- Contaminación atmosférica por acción de los gases que se producen en la quema de los residuos de los botaderos.
- Riesgos a la salud de los segregadores y trabajadores.
- Proliferación de aves y riesgos de accidentes de aviación en zonas aledañas a aeropuertos.

Tales problemas están directa o indirectamente vinculados a la calidad de la salud. La multicausalidad del origen de las enfermedades impide establecer una relación directa y cuantitativa entre el inadecuado manejo de residuos sólidos y la salud. Sin embargo, se reconoce que el manipuleo inadecuado de los residuos contribuye a la generación y propagación de numerosas enfermedades y problemas de salud.

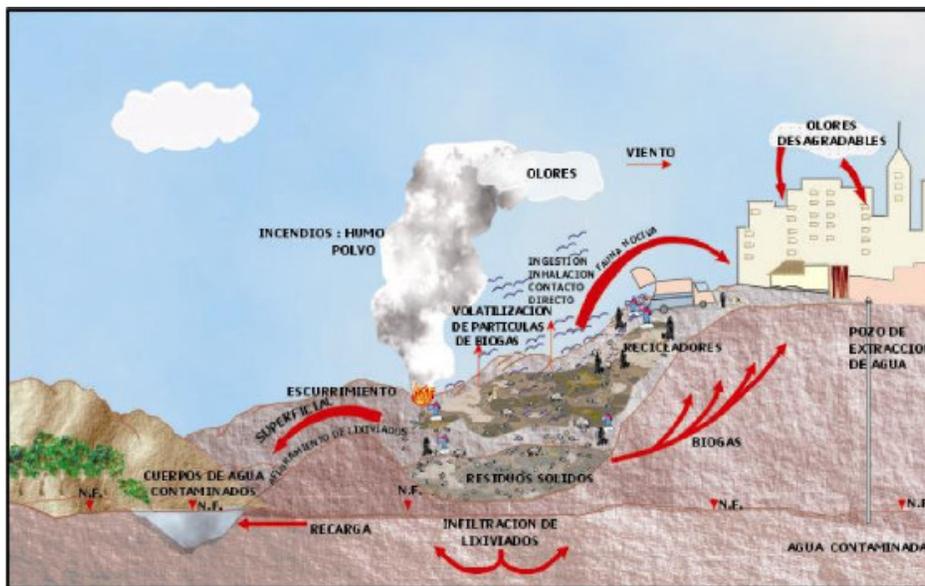
Donde existen enfermedades endémicas como el dengue (en el norte y en la selva), una de las medidas paliativas ha sido el retiro de los residuos acumulados en la ciudad. Con ello se ha querido evitar que los residuos contribuyan a la propagación de las enfermedades, pero realmente lo que se ha hecho es concentrar el problema en una zona más alejada porque se han arrojado los residuos en botaderos, ya que no existen rellenos sanitarios en esas zonas.

En todos los casos es de vital importancia realizar una vigilancia de la infraestructura de disposición final de los residuos sólidos pues con la información del monitoreo es posible relacionar el manejo de residuos sólidos con los efectos en la salud.

De acuerdo con la información del Estudio Sectorial sobre Residuos Sólidos del Perú (1999), la generación promedio per cápita diaria de residuos sólidos es 0,53 kg/hab/día, varía de 0,24 a 1,0 kg/hab/día; la ciudad de Huancayo presenta la menor producción de residuos en contraposición con la ciudad de Pucallpa, que presenta el mayor valor. Este mayor valor se debe a los hábitos de consumo de la población y a las características de los alimentos consumidos (yuca y plátano, que

tienen abundante cáscara). De acuerdo con las estimaciones del año 2000, la generación promedio era de 0,58 kg/hab/día, lo que implicaría una generación promedio de 11.200 toneladas por día en el área urbana a nivel de país.

**Figura 2-1**  
**Impactos ambientales de los botaderos**



**Fuente:** Hernández Barrios, Claudia P.; Wehenpohl, Gunther. *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*. México, D.F., Secretaría de Ecología, 2000.

De acuerdo con la información del Informe Análítico del Perú para la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales (EVAL 2002), la generación promedio per cápita diaria de residuos sólidos en el Perú, en el año 2001, fue de 0.529 kg/hab/día. Varía desde 0.367 hasta 1.227 kg/per/día y la ciudad de Pampas, Huancavelica, es la que presenta la menor producción de residuos en contraposición con la ciudad de Tarapoto, San Martín, que tiene el mayor valor. Este mayor valor se debe a los hábitos de consumo de la población y a las características de los alimentos consumidos, (por ejemplo, la yuca y el plátano tienen abundante cáscara). Se estima que en el año 2001 se habrían generado en el área urbana un promedio de 12.785 toneladas por día en el nivel nacional.

Entre las ciudades peruanas de mayor importancia socioeconómica, Lima, Ilo, y Tacna cuentan con rellenos sanitarios, sin embargo sólo algunos rellenos cumplen con la mayoría de los requisitos sanitarios, ambientales y operativos adecuados, los cuales se ubican principalmente en la ciudad de Lima. Estos rellenos sanitarios estarían recibiendo 2.570 t/día, lo que representa una cobertura nacional de disposición final adecuada de 20%.

En ese contexto, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) está fomentando iniciativas para promover la implementación de la Ley General de Residuos Sólidos No. 27314. Dicha ley asigna a las municipalidades provinciales la responsabilidad de asegurar la correcta disposición final de los residuos sólidos como parte del desarrollo de sus planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS).

La presente Guía tiene el propósito de difundir los criterios técnicos y administrativos para realizar la clausura y conversión de los botaderos de residuos sólidos municipales en el país. La propuesta que se desarrolla está basada en los resultados de la investigación “Hacia una política nacional de clausura de botaderos”<sup>1</sup>, cuyo objetivo principal fue proponer un instrumento legal que impulsara y viabilizara la clausura de los botaderos de manera sostenible, y promover la sustitución de los mismos por rellenos sanitarios.

Antes de iniciar el análisis de los procedimientos para evaluar la clausura o conversión de botaderos es necesario tener claridad respecto a los siguientes conceptos:

- **Disposición final:** Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. Constituye la última actividad del sistema de limpieza pública.
- **Relleno sanitario:** Lugar donde se efectúa la disposición final de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, de acuerdo con técnicas de ingeniería para su adecuado confinamiento. Comprende la compactación, cobertura con tierra u otro material inerte por lo menos diariamente, además del control de los gases y lixiviados con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.
- **Botadero:** Acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías, lo que genera riesgos sanitarios o ambientales.
- **Botadero controlado:** Lugar de disposición final de residuos sólidos que no cuenta con la infraestructura necesaria ni suficiente para ser considerado como un relleno sanitario. Puede ser usado de manera temporal debido a una situación de emergencia. En el botadero controlado se darán las condiciones mínimas de operación para que los residuos no se encuentren a cielo abierto; estos residuos deberán ser compactados en capas para reducir su volumen y serán confinados periódicamente con material de cobertura.

---

<sup>1</sup> Investigación desarrollada por el Instituto de Investigación y Capacitación Municipal, INICAM, la Asociación Civil Propuesta Verde, PROVERDE, GAIA Medio Ambiente y Desarrollo S.A.C, en el marco del Programa APGEP SENREM.

# 3

***PROCESO GENERAL  
DE CLAUSURA DE UN  
BOTADERO***

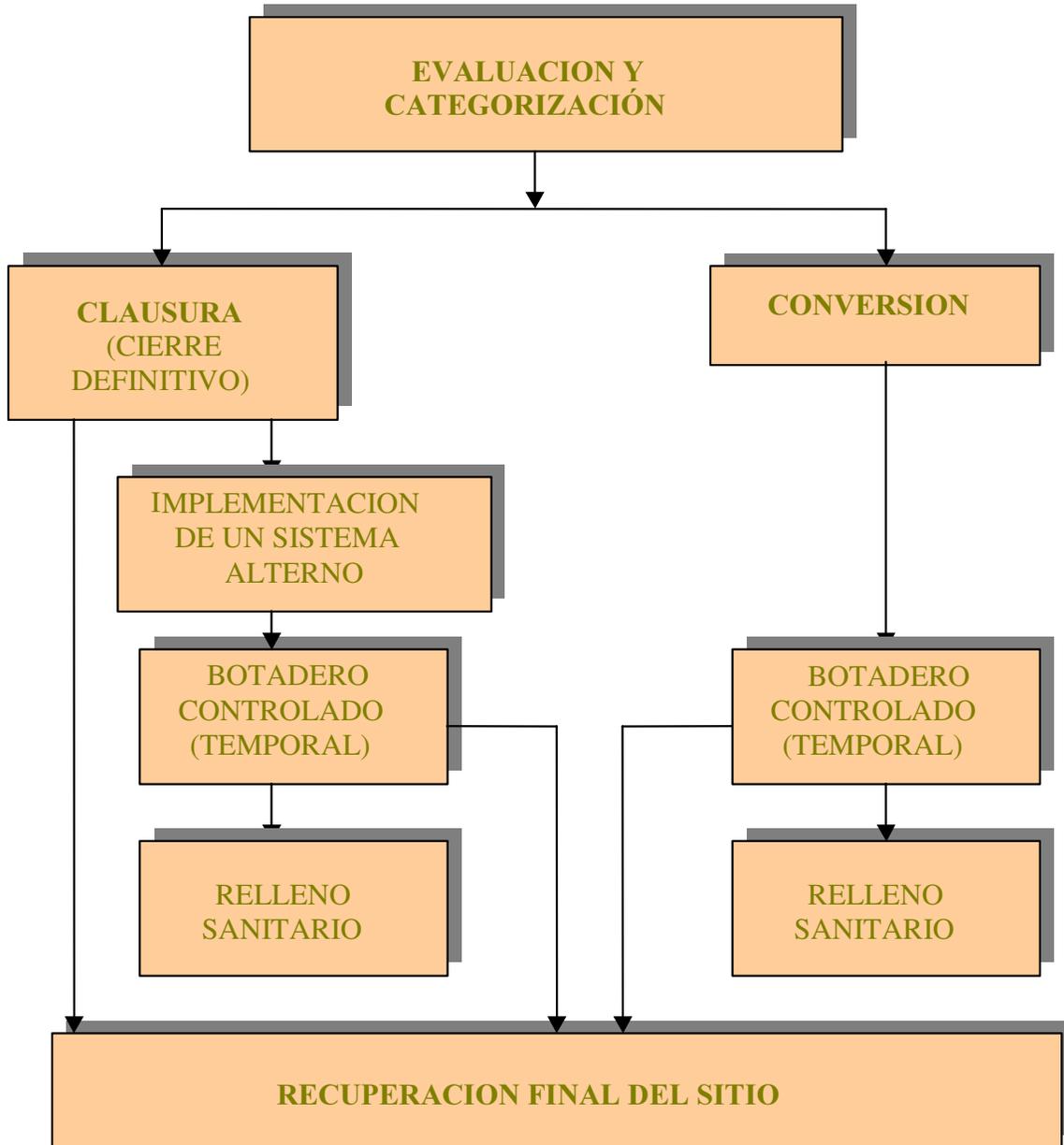
En el proceso de clausura de un botadero se debe tener en consideración lo siguiente (véase el diagrama 1):

- 1) Evaluación y categorización del botadero. Comprenderá la evaluación general del botadero y su área de influencia de acuerdo con criterios técnicos, sociales y ambientales, y las metodologías descritas en este documento. La evaluación tendrá como resultado dos alternativas: la clausura con cierre definitivo o la conversión.
- 2) Clausura (con cierre definitivo). Si el botadero es clasificado como de alto riesgo se le deberá clausurar y recuperar el sitio. Para ello se tendrá en consideración el tipo de cobertura general, el sistema de control y monitoreo y el uso final del sitio. Es de suma importancia prever un sitio alternativo y adecuadamente implementado para disponer los residuos sólidos. No se debe clausurar el botadero si no hay una alternativa para la disposición final de los residuos sólidos porque el problema subsistirá.
- 3) Conversión de un botadero. Durante la conversión de un botadero a un relleno sanitario (temporal o definitivo) se deberán tener presentes el confinamiento de los residuos, el control de olores, la vida útil proyectada, la adecuación del terreno, el control de fauna nociva, la reubicación de los recicladores y el plan operativo del sistema de disposición final. Se recomienda convertir el botadero en un relleno sanitario definitivo de acuerdo con los requerimientos de la Dirección General de Saneamiento del Ministerio de Salud, DIGESA/MINSA, puesto que es la única manera de garantizar que no se producirán efectos negativos en el ambiente ni en la salud.

Otras consideraciones para la clausura y conversión de un botadero, son:

- Hacer de conocimiento público la clausura del botadero y advertir que no se permitirá la disposición de basuras en el lugar. Este proceso se debe realizar con la participación de la población y la municipalidad.
- Informar a la población acerca de las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas, ya sea durante la clausura o la conversión del botadero.
- Realizar calicatas para conocer el tipo de residuo que esta almacenando en el botadero y averiguar con la población local sobre la antigüedad del botadero y los conflictos sociales que se puedan generar al clausurar o convertir el botadero.
- Sanear la situación legal del sitio con participación de la DIGESA/MINSA.
- Llevar a cabo un programa de eliminación de insectos, roedores y artrópodos de acuerdo con las indicaciones de la autoridad de salud, como fase previa a la clausura o conversión del botadero.

**Diagrama 1:**  
**Etapas básicas en el proceso técnico de clausura de un botadero**



# 4

***CATEGORIZACIÓN DE LOS  
BOTADEROS EN LA  
MUNICIPALIDAD Y DECISIÓN  
SOBRE SU CLAUSURA O  
CONVERSIÓN***



Aunque la mayoría de las municipalidades del país no cuentan con disposición final adecuada de residuos o no disponen de rellenos sanitarios, conviene primero hacer la siguiente pregunta ¿existe o no un sitio de disposición final? Si la respuesta es negativa no será necesario realizar ninguna actividad respecto a la clausura o conversión del sitio, pero para estar seguros es necesario saber si antes no se empleaban sitios con esa finalidad que hayan sido abandonados<sup>22</sup>. Si ese fuera el caso se deberán aplicar las medidas que se describen a continuación.

Si el municipio dispone de un sitio de disposición final, lo que es común en el Perú, la municipalidad provincial deberá verificar la categoría a la cual pertenece y si corresponde su clausura o conversión.

### **¿Qué entendemos por clausura o conversión de un botadero?**

**Clausura de un botadero:** Es la suspensión definitiva de la disposición final de los residuos sólidos en un botadero. Conlleva a un proceso gradual de saneamiento, restauración ambiental del área alterada debido a la presencia del botadero y las actividades a realizarse después de la clausura (posclausura).

**Conversión de un botadero:** Es el proceso de transformación de un botadero a un sistema de disposición final técnico, sanitario y ambientalmente adecuado, el cual puede ser un botadero controlado o un relleno sanitario.

**Saneamiento ambiental en relación con los residuos sólidos:** Es la aplicación de principios de ingeniería para la conformación, compactación y sellado de residuos sólidos, así como para la construcción de sistemas de control necesarios para minimizar los impactos al ambiente y a la salud de la población durante la estabilización de los residuos sólidos.

## **4.1 Evaluación del riesgo ambiental de los botaderos y categorización de los botaderos**

La evaluación de un botadero requiere el conocimiento de las condiciones y características en que se encuentra el botadero y el impacto o riesgo que está ocasionando a su entorno (ambiente natural y construido, a la salud y a las actividades humanas). Los criterios que se deben considerar para la evaluación de un botadero son los siguientes:

- a) Características generales del sitio
- b) Características geofísicas del sitio

---

<sup>2</sup> También podría haber existido el vertido de residuos a corrientes de agua o al mar, en cuyo caso las medidas a implementar serán de otro tipo.

- c) Impactos ambientales que ocasiona
- d) Aspectos socioeconómicos y de salud asociados.

El anexo 1 presenta un formulario para la evaluación de campo de las condiciones de un botadero.

Entre las *características generales del sitio* se encuentran las siguientes: ubicación geográfica, área que ocupa, tenencia del sitio, actividad (el sitio será activo si siguen depositándose residuos y será inactivo si ya no los recibe), tiempo de operatividad, condiciones de operatividad, número aproximado de usuarios que lo utiliza, accesibilidad, distancia a poblados más cercanos, tiempo de vida útil, uso actual y potencial del suelo, entre otros.

Entre las *características geofísicas del sitio* están la topografía (pendiente, relieve), edafología y geología (tipo y características del suelo, entre ellas la más importante es la permeabilidad) y climatología (temperaturas ambientales máximas y mínimas, precipitación pluvial y dirección y magnitud de los vientos predominantes). En cuanto a las características hidrológicas se observará la presencia de corrientes de aguas superficiales y subterráneas, la distancia a los cuerpos y tomas para consumo humano (manantiales, ríos, pozos, canales o infraestructuras de irrigación u obras hidráulicas, océano), la profundidad de la napa freática y las zonas de inundación. Respecto a la geodinámica y dinámica hidromorfológica, se verificará si está en una zona de fallas, de sismos, de agrietamiento, desprendimiento o desplazamiento del suelo y si está sujeto a huaycos, derrumbes, avalanchas y aluviones.

En los *impactos ambientales que ocasiona* el sitio se deben considerar los impactos al suelo (volumen, características y tipos de residuos acumulados, quema de residuos, lixiviados); al aire (presencia de humo, ruidos, biogás); al agua (presencia y niveles de lixiviado, contaminación de aguas superficiales y subterráneas); a la fauna (presencia y tipo de vectores, impactos a especies endémicas o frágiles); a la flora (marchitez, daños) e impactos al patrimonio natural y cultural (cercanía a sitios históricos, religiosos, turísticos, reservas naturales, etc.).

Entre los *aspectos socio-económicos y de salud asociados* se debe tomar en cuenta la presencia de grupos humanos en o cerca del botadero, actividades socioeconómicas que se generan, actividades socioeconómicas que se ven afectadas por su presencia (turismo, agricultura, pesquería, etc.), grupos humanos potencialmente afectados y afectación de la salud asociado a la presencia de botaderos.

Entre los métodos de toma de datos se podrán utilizar listas, fichas, guías o matrices de evaluación, entre otros. También se hará acopio de toda la información relevante al tema en la zona.

La evaluación de un botadero deberá ser realizada por un equipo multidisciplinario conformado por especialistas en ambiente, geología, hidrología, ingeniería civil, y refrendada por un ingeniero sanitario o especialista responsable de la evaluación del botadero.

## **4.2 Control de riesgos: incendios en botaderos**

Dado que la descomposición de los residuos sólidos produce metano y que éste es un gas combustible, como medidas preventivas se evitará la quema de papel, cartón, plásticos y de todo material combustible; asimismo, se evitará fumar o hacer fuego en el área circundante.

Con el control de incendios se apagarán los que se presenten en el sitio; se debe evitar el uso del agua y preferir el aislamiento y el desgaste natural o ahogamiento del oxígeno mediante el cubrimiento rápido con tierra.

En situaciones de emergencia se deberán tener en cuenta las siguientes respuestas inmediatas:

- Establecer comunicación y coordinación con el jefe de seguridad o responsable general del manejo de desastres.
- Mantener el control de acceso a la zona.
- Aproximarse con cuidado, evaluar las condiciones del piso y techo de la infraestructura y considerar la seguridad de las personas ubicadas en las cercanías del sitio, así como de las personas que atienden la emergencia.

Según su magnitud, los incendios se pueden clasificar en pequeños y grandes.

v ***Acciones de respuesta ante pequeños incendios:***

Una vez detectado el foco del incendio y según su magnitud, se debe apagar tapándolo con abundante tierra, la cual puede ser echada con palas después de transportarla en carretilla o con un cargador frontal, dependiendo de la cantidad. Una vez tapado el incendio, se debe compactar (en exceso) con un pisón de mano o con un tractor compactador con ruedas de pata de cabra. “Tierra en abundancia” quiere decir por lo menos 80 centímetros por encima del incendio, de tal manera que no quede ninguna llama; “compactar en exceso” quiere decir que se deben dar, por lo menos, cinco pasadas con el tractor compactador o su equivalente con el pisón de mano. Se compactará hasta tener la certeza de que el humo que sale es solamente vapor de agua; después de una hora aproximadamente se debe volver a compactar hasta tener la seguridad de que no habrá nuevos incendios.

Estos focos se someterán por lo menos durante ocho días a un control estricto y continuo porque los nuevos incendios son constantes; cada vez que se tenga duda o que se observe humo, es necesario repetir la operación de echar tierra, compactar y controlar los nuevos incendios.

Apagar el fuego con agua es más difícil que apagarlo con tierra; hay que echar agua en abundancia en la base de las llamas del incendio hasta que se tenga la certeza de que el fuego se ha apagado. Es necesario mover la basura incendiada para cerciorarse de que realmente está apagada y suficientemente enfriada. Al agua se le puede adicionar jabón en polvo, en una concentración de 1 kilo de jabón por metro cúbico de agua.

Antes de usar tierra o agua, se usarán los extintores ya que son el primer elemento que se usa cuando se inicia un fuego; además, de ellos dependen que la propagación del fuego se detenga o no. Para el caso de incendios pequeños en botaderos, un extintor apropiado será el de polvo ABC (polivalente) de 6 kg de masa total (suma de las masas de los agentes extintores, del impulsor y de la del recipiente). El agente extintor es polvo polivalente antibrasa ABC con base de fosfatos que extingue fuegos de las clases A (sólidos), B (líquidos) y C (gases). El extintor no es apto para fuegos de tensiones superiores a 35.000 voltios. El polvo ABC no es tóxico ni corrosivo y tampoco

daña la capa de ozono, como sí ocurre con el halón. Por medidas de seguridad, el extintor debe permanecer en la caseta de vigilancia o en un lugar seguro próximo al botadero.

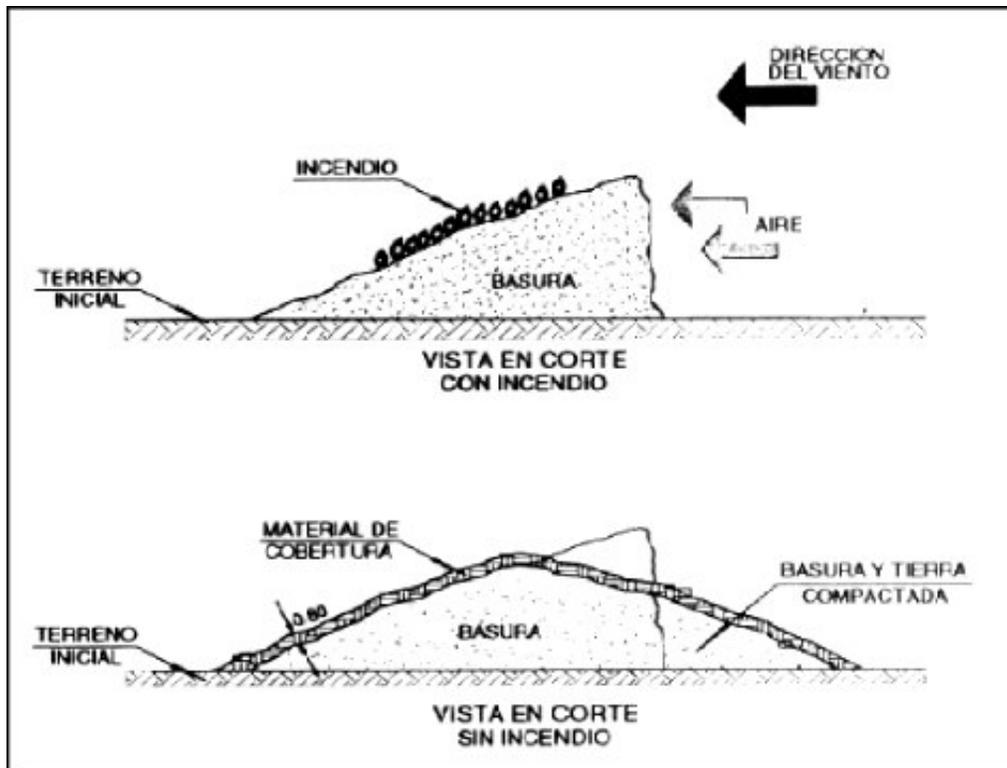
v ***Acciones de respuesta ante grandes incendios:***

Cuando la basura produce llamas altas que comprometen amplias extensiones y que no se pueden controlar con los métodos descritos anteriormente, se considera que es un “gran incendio”. El primer paso para controlar un incendio grande es evitar que aumente su magnitud y el segundo paso es tratar de apagarlo inmediatamente.

El primer paso consiste en conocer cuál es su magnitud, qué parte está incendiada y cuáles son las zonas más vulnerables y de peligro; en lo posible, la identificación de zonas se debe hacer sobre un plano. Se deberá conocer y ubicar los sitios donde está el combustible y evitar que el fuego llegue a esos lugares. También se deberá proteger los edificios de administración, talleres y comedores.

Se debe identificar la dirección de los vientos y prever hacia dónde “puede viajar” el fuego y sobre todo saber por dónde entra el oxígeno para cortar el pase de éste como primera medida para apagar el incendio, como se muestra en la siguiente figura.

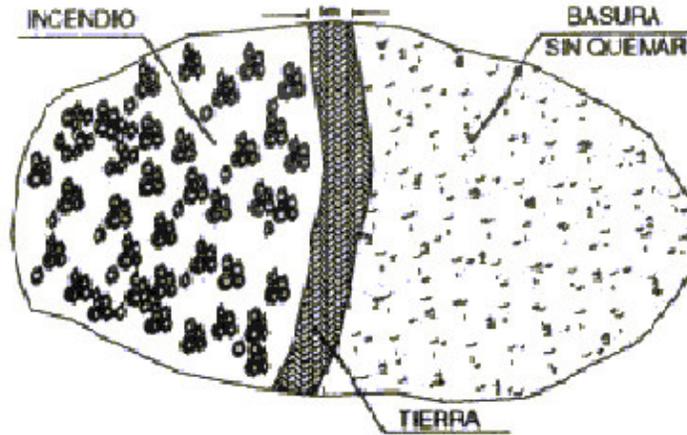
**Figura 4-1**  
**Control de la dirección del aire**



Fuente: Collazos Peñaloza, Héctor. *Saneamiento de botaderos de basura*. Santa Fé de Bogotá D.C., 1998.

Para evitar que el área del incendio aumente, se debe colocar tierra suficiente entre el material que se está quemando y el que no se ha incendiado, como se muestra en la figura siguiente:

**Figura 4-2**  
**Aislamiento del incendio con una franja de tierra**



Fuente: Collazos Peñaloza, Héctor. *Saneamiento de botaderos de basura*. Santa Fé de Bogotá D.C., 1998.

Una vez aislado el fuego, se inicia la etapa de apagado. A continuación se describen diversos métodos o combinación de ellos para apagar incendios.

- a) Apagado del incendio con tierra. Es el mejor método. En un cargador o en volquetas se transporta tierra hasta el sitio más cercano al incendio; con un tractor compactador se echa la tierra lentamente y con cuidado para no quemar la máquina ni al operador. La tierra se dispone sobre la zona del incendio hasta apagar un tramo e inmediatamente se compacta con el mismo tractor. Esta operación es de penetración, es decir, lentamente se le va quitando espacio al incendio: 0,50 metros, otros 0,50 metros, otros 0,50 metros y así sucesivamente. Una vez controlado el incendio, se sobrecompacta por lo menos con cinco pasadas del tractor compactador y se controla cualquier otro nuevo incendio, lo que suele ocurrir frecuentemente porque la basura tapada y compactada queda con una temperatura muy alta y posiblemente en proceso de pirólisis.

La capa inicial de tierra puede ser de 0,20 m; posteriormente se puede aumentar a 0,40 m y preferiblemente hasta 0,60 m; se debe procurar compactar la zona por lo menos con cinco pasadas del tractor compactador. Es usual que se presenten bocanadas de vapor de agua sobre la zona apagada; si no hay llama y se comprueba que solo es vapor de agua, es mejor dejarla salir para aliviar las presiones en el interior de la basura.

Se debe recordar que el éxito para apagar estos incendios está en mantener una sobrecompactación y control de la zona apagada.

- b) Apagado del incendio con basura antigua (mientras más antigua mejor). Cuando no hay tierra se puede utilizar basura antigua, de igual manera que la tierra, pero aumentando la capa de

0,20 m a 0,60 m y la compactación de cinco a siete pasadas por lo menos. Con este método es más fácil que se presenten nuevos incendios, por lo que se debe extremar el control.

- c) Apagado del incendio con agua para enfriar la basura. Este no es un método único sino que se debe combinar con otro, por ejemplo, el de apagar con basura antigua y humedecerla. Después de controlado el incendio, al igual que en los otros métodos, se debe compactar la basura para controlar nuevos incendios.

Es frecuente que al quemarse la basura se formen depósitos de aire caliente en el interior del basurero, lo que es muy peligroso porque puede causar quemaduras a las personas y a la maquinaria. Cuando se presente el incendio, la maquinaria debe moverse muy lentamente para compactar el área, apagar el incendio y eliminar las áreas de vacío interiores en la basura a fin de evitar accidentes posteriores. Después de apagado un incendio, se debe hacer un control estricto por lo menos durante un mes.

### **4.3 Metodología para la categorización de un botadero**

#### **4.3.1 Modelo 1: Metodología para la categorización de un botadero según la prioridad de la clausura**

Para categorizar un botadero se siguen los siguientes pasos:

1. Se procederá a evaluar las características y los impactos más importantes que ocasiona al ambiente y al ser humano, según criterios generales como cantidad de residuos que contiene y área que ocupa, tipo de residuos (presencia de residuos peligrosos), tiempo de actividad del botadero, cercanía a viviendas o poblados, características geofísicas del sitio, aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud que ocasiona. Se les asignará la puntuación establecida, cuyo total máximo alcanzará el valor de 100.

Cada aspecto tiene diferente peso en la puntuación; al impacto que ocasiona al ser humano se le asigna el mayor valor (60%) distribuido en la siguiente forma: 40% del total para aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud; 20% a la cercanía a viviendas o poblados; y 40% al impacto que ocasiona al ambiente en general (\*), distribuido en 15% por la presencia de residuos peligrosos, 10% por cantidad de residuos y área que ocupa el botadero, 10% por tiempo de actividad del botadero y 5% por las características geofísicas del sitio.

#### **Modelo 1 de metodología para la categorización de un botadero**

1. Cantidad de residuos y área que ocupa								
Calidad Puntaje	Botadero pequeño 2,0		Botadero mediano 5,0		Botadero grande 8,0		Botadero muy grande 10,0	
Superficie que abarca	Hasta 0,99 ha	0,5	1,0 a 4,9 ha	1,0	5,0 – 9,9 ha	2,0	10,0 – 30,0 has. o más	3,0
Cantidad diaria de residuos que se arrojan	Hasta 20 t/día		20 – 50 t/día	2,0	50 a 100 t /día	3,0	+ de 100 t/día	3,0
Cantidad aproximada de residuos acumulados	Hasta 15.000 t	1,0	Hasta 55.000 t	2,0	Hasta 600.000 t	3,0	+ de 600.000 t	4,0
2. Presencia de residuos peligrosos								
Calidad Puntaje	Ninguno 0,0		Poco 5,0		Moderado 10,0		Abundante 15,0	
Arrojo de residuos hospitalarios	Nulo	0,0	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños establecimientos de salud	2,5	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños y medianos establecimientos de salud	5,0	Recolectados, transportados y arrojados en el botadero por unidades destinadas exclusivamente a este servicio	7,5
Arrojo de residuos industriales	Nulo	0,0	Cantidad mínima	2,5	Cantidad moderada	5,0	Cantidad considerable	7,5
3. Tiempo de actividad del botadero								
Calidad Puntaje	Botadero reciente 2,0		Bot. medianamente reciente 5,0		Botadero antiguo 8,0		Botadero muy antiguo 10,	
Tiempo de actividad del botadero	Hasta 1,9 años		de 2,0 a 4,9 años		De 5,0 a 9,9 años		+ de 10,0 años	
4. Cercanía a poblados o viviendas								
Calidad Puntaje	Favorable 1,0		Medianamente favorable 7,0		Poco favorable 14,0		Desfavorable 20,0	
Cercanía a viviendas	Apartado mas de 500 m de las viviendas mas cercanas		Apartado hasta 500 m de las viviendas mas cercanas		Colindante a viviendas periféricas		Dentro de la población	
5. Por las características geofísicas de la zona								
Calidad Puntaje	Favorable 0,0		Medianamente favorable 2,0		Poco Favorable 4,0		Desfavorable 5,0	
Precipitación pluvial total anual	Muy seco menor 100 mm	0,0	Seco 100 mm- 500 mm	1,0	Moderado 500 -1500 mm	2,0	Húmedo + de 1500 mm	2,0
Temperatura promedio anual	Frio 0 °C – 11 °C	0,0	Moderado 12 °C – 18 °C	1,0	Cálido 19 °C – 24 °C	2,0	Muy Cálido 25 °C – 40 °C	1,0
Condiciones geológicas e hidrogeomorfológicas	Estable (***) y no existe curso de agua subterránea en el sitio o está a una profundidad mayor de 10 m						No estable y existe curso de agua subterránea en el sitio a una profundidad menor de 10 m de la superficie	
6. Aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud								
Calidad Puntaje	Bajo riesgo 0,0		Moderado riesgo 13,0		Alto riesgo 27,0		Muy alto riesgo 40,0	
Actividad de segregación	No existe	0,0	Minima	3,0	Moderada	9,0	Intensa	10,
Orianza de aves y ganado porcino	No existe	0,0	Minima	4,0	Moderada	9,0	Intensa	10,
Presencia de vectores	Minima	0,0	Poca	3,0	Abundante	9,0	Muy abundante	10,
Quema de basura	No existe	0,0	Quema esporádica	3,0			Quema indiscriminada	10,

Máxima puntuación

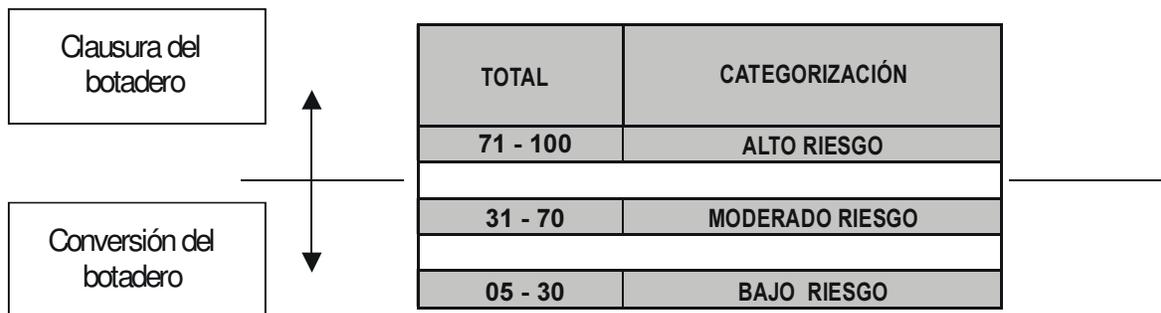
Total: 100

2. Se totalizará el puntaje obtenido; la máxima puntuación es 100.
3. La calificación o categorización del botadero considerará los siguientes valores:

(\*) Los impactos y riesgos ambientales por la generación de gases y lixiviados están considerados en las condiciones de cantidad de residuos y área que ocupa el botadero, su cercanía a poblados y viviendas y las características geofísicas del sitio. Los impactos negativos a la flora, fauna, aire, suelo y agua están involucrados en cada uno de los aspectos considerados, por lo que no se consideró un parámetro específico de medición de cada uno de ellos.

(\*\*) La condición de estabilidad o inestabilidad geológica se refiere a si son áreas geológicas vulnerables.

#### Cuadro de categorización de un botadero



4. Un botadero es de alto riesgo si:
  - a) Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua, principalmente las que son utilizadas para consumo o recreación humana (manantiales, ríos, pozos de agua, canales de irrigación u obras hidráulicas, mar, cursos de agua subterránea, etc.).
  - b) Si se encuentra a menos de 1,5 km de actividades agrícolas, granjas de crianza de animales, camales y mataderos.
  - c) Si se encuentra en áreas inundables (sea por crecimiento o desborde de ríos, afloramiento de aguas subterráneas o inundación marina) o bien en zonas con nivel freático poco profundo (menos de 10 m).

- d) Si se encuentra en áreas con suelos inestables y alta permeabilidad (mayor de  $10^{-6}$  mg).
- e) Si está ubicado sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables como zonas cársticas, de fallas, de minas en uso o desuso, altamente sísmicas, de agrietamientos, desprendimientos o desplazamiento.
- f) Si está en áreas expuestas a procesos de dinámica hidromorfológica, es decir, huaycos, derrumbes, avalanchas y aluviones.
- g) Si se encuentra en sitios de patrimonio histórico, religioso, turístico o cultural o cerca de éstos.
- h) Si se encuentra en reservas naturales o cerca de éstas.
- i) Si hay presencia arraigada de recicladores debido a la antigüedad del botadero, lo que podría dificultar la conversión o clausura del mismo. En ese caso, se deberá tener una adecuada política de comunicación y de trabajo social.

#### 4.3.2. Modelo 2: Metodología para la categorización de un botadero según los impactos

1. Se procederá a evaluar los impactos más importantes que el botadero ocasiona al ambiente (impactos ambientales) y al ser humano (aspectos socioeconómicos y de salud) y se les cuantificará según la puntuación establecida para cierta condición dada. Se supondrá que ambos aspectos son de igual importancia, por lo que se les asigna 50% del total de la puntuación promedio a cada uno de estos grandes componentes (ambiental y socioeconómico y de salud).

Impactos ambientales		
Suelo	Condición	Puntuación
Área ocupada por los residuos (1)	> 1 ha	1,0
	<1 ha	0,0
Tipo de residuo	Industrial	1,0
	Municipal	0,0
Incompatibilidad de uso de suelo	Sí	1,0
	No	0,0
Presencia de lixiviados	Sí	1,0
	No	0,0
<b>Aire</b>		
Presencia de biogás	Sí	1,0
	No	0,0
Quema de residuos	Sí	0,5
	No	0,0
Presencia de olores desagradables	Sí	0,5
	No	0,0
<b>Agua</b>		
Presencia de lixiviados	Sí	2,0

	No	0,0
<b>Flora</b>		
Daños a la vegetación	Sí	2,0
	No	0,0
<b>Fauna</b>		
Proliferación de fauna nociva	Sí	1,0
	No	0,0
Alteración de la fauna terrestre o acuática	Sí	1,0
	No	0,0
<b>Patrimonio cultural y natural</b>		
Cerca o en sitios de patrimonio histórico religioso y turístico	Sí	1,0
	No	0,0
Cerca o en áreas de reserva o protección natural	Sí	1,0
	No	0,0
	<b>Subtotal:</b>	<b>14,0</b>

(1) Hay que tener en cuenta que el área ocupada se puede usar para un futuro relleno sanitario, si es que se opta por convertir el botadero.

**Modelo 2: (continuación)**

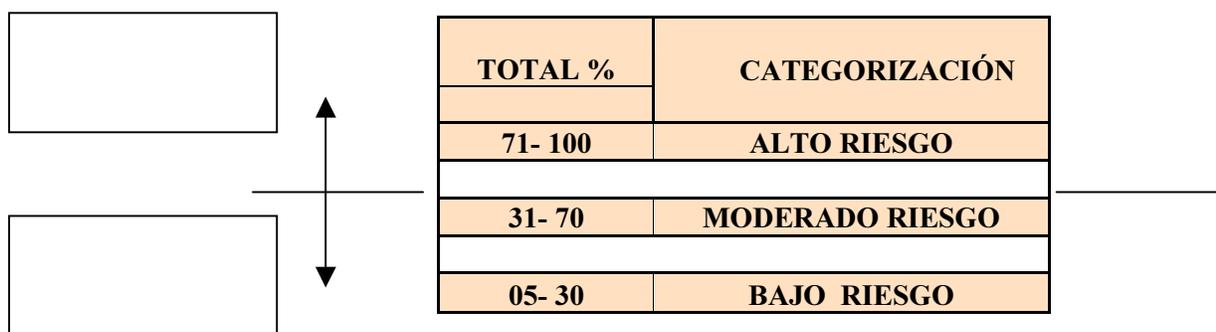
<b>Actividades socioeconómicas y de salud</b>		
Presencia constante de grupos humanos	Sí	4,0
	No	0,0
Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores	Sí	4,0
	No	0,0
Riesgo de contaminación de animales de consumo humano	Sí	4,0
	No	0,0
Afectación de otras actividades (socioeconómicas, turísticas, etc.)	Sí	4,0
	No	0,0
	<b>Subtotal:</b>	<b>16,0</b>

**Máxima puntuación:**

**Total: 30,0**

2. Se totalizará el puntaje obtenido; la máxima puntuación es un valor de 30 en este caso. El resultado final se dará en porcentaje.
3. La calificación o categorización del botadero se realizará considerando los siguientes valores, para el caso dado:

**Cuadro de categorización de un botadero**



4. Se considera que un botadero es de alto riesgo si:

- a) Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua, principalmente las que son utilizadas para consumo o recreación humana (manantiales, ríos, pozos de agua, canales de irrigación u obras hidráulicas, mar, cursos de agua subterránea, etc.).

- b) Si se encuentra a menos de 1,5 km de actividades agrícolas, granjas de crianza de animales, camales y mataderos.
- c) Si se encuentra en áreas inundables (sea por crecimiento o desborde de ríos, afloramiento de aguas subterráneas o inundación marina) o bien en zonas con nivel freático poco profundo (menos de 10 m).
- d) Si se encuentra en áreas con suelos inestables y alta permeabilidad (mayor de  $10^{-6}$  mg).
- e) Si está ubicado sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables como zonas cársticas, de fallas, de minas en uso o desuso, altamente sísmicas, de agrietamientos, desprendimientos o desplazamiento.
- f) Si está en áreas expuestas a procesos de dinámica hidromorfológica, es decir, huaycos, derrumbes, avalanchas y aluviones.
- g) Si se encuentra en sitios de patrimonio histórico, religioso, turístico o cultural o cerca de éstos.
- h) Si se encuentra en reservas naturales o cerca de éstas.

#### 4.4 Estudio de caso: Botadero de Lurín, Lima

En la rivera del río Lurín, al sur de Lima metropolitana, existe un botadero de residuos sólidos en donde los residuos sólidos se suelen quemar y se crían cerdos. A este botadero se le aplicó la metodología de categorización según el modelo propuesto y el resultado es el siguiente:

5. Por las características geofísicas de la zona								
Calidad Puntaje	Favorable 0,0		Medianamente favorable 2,0		Poco favorable 4,0		Desfavorable 5,0	
	Precipitación pluvial total anual	Muy seco menor 100 mm	0,0	Seco 100 mm- 500 mm	1,0	Moderado 500 - 1.500 mm	2,0	Húmedo + de 1.500 mm
Temperatura Promedio anual	Frio 0 °C -11 °C	0,0	Moderado 12 °C -18 °C	1,0	Cálido 19 °C – 24 °C	2,0	Muy Cálido 25 °C – 40 °C	1,0
Condiciones geológicas e hidrogeomorfológicas	Estable (***) y no existe curso de agua subterránea en el sitio o está a una profundidad mayor de 10 m	0,0					No estable y existe curso de agua subterránea en el sitio a una profundidad menor de 10 m de la superficie	2,0
6. Aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud								
Calidad Puntaje	Bajo riesgo 0,0		Moderado riesgo 13,0		Alto riesgo 27,0		Muy alto riesgo 40,0	
	Actividad de segregación	No existe	0,0	Mínima	3,0	Moderada	9,0	Intensa
Crianza de aves y ganado porcino	No existe	0,0	Mínima	4,0	Moderada	9,0	Intensa	10,
Presencia de vectores	Mínima	0,0	Poca	3,0	Abundante	9,0	Muy Abundante	10,
Quema de basura	No existe	0,0	Quema esporádica	3,0			Quema indiscriminada	10,

1. Cantidad de residuos y área que ocupa								
Calidad Puntaje	Botadero pequeño 2,0		Botadero mediano 5,0		Botadero grande 8,0		Botadero muy grande 10,0	
Superficie que abarca	Hasta 0,99 ha	0,5	1,0 a 4,9 ha	1,0	5,0 – 9,9 ha	2,0	10,0 – 30,0 ha o más	3,0
Cantidad diaria de residuos que se arrojan	Hasta 20 t/día	0,5	20 – 50 t/día	2,0	50 a 100 t/día	3,0	+ de 100 t/día	3,0
Cantidad aproximada de residuos acumulados	Hasta 15.000 t	1,0	Hasta 55.000 t	2,0	Hasta 600.000 t	3,0	+ de 600.000 t	4,0
2. Presencia de residuos peligrosos								
Calidad Puntaje	Ninguno 0,0		Poco 5,0		Moderado 10,0		Abundante 15,0	
Arrojo de residuos hospitalarios	Nulo	0,0	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños establecimientos de salud	2,5	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños y medianos establecimientos de salud	5,0	Recolectados , transportados y arrojados en el botadero por unidades destinadas exclusivamente a este servicio	7,5
Arrojo de residuos industriales	Nulo	0,0	Cantidad mínima	2,5	Cantidad moderada	5,0	Cantidad considerable	7,5
3. Tiempo de actividad del botadero								
Calidad Puntaje	Botadero reciente 2,0		Bot. medianamente reciente 5,0		Botadero antiguo 8,0		Botadero muy antiguo 10,0	
Tiempo de actividad del botadero	Hasta 1,9 años		de 2,0 a 4,9 años		De 5,0 a 9,9 años		+ de 10,0 años	
4. Cercanía a poblados o viviendas								
Calidad Puntaje	Favorable 1,0		Medianamente favorable 7,0		Poco favorable 14,0		Desfavorable 20,0	
Cercanía a viviendas	Apartado mas de 500 m de las viviendas más cercanas		Apartado hasta 500 m de las viviendas más cercanas		Colindante a viviendas periféricas		Dentro de la población	

**Nota: Los valores seleccionados para categorizar el botadero son los que se encuentran en las celdas sombreadas.**

**Puntaje: 61 puntos**

El botadero obtuvo un puntaje de 61,5 puntos, por lo tanto, corresponde al rango de “alto riesgo”. Esta calificación consideró además que existe gran riesgo de contaminación del río Lurín y que se encuentra en un distrito que desarrolla actividades turísticas. En consecuencia, el resultado obtenido llevaría a tomar la decisión de clausurar el botadero.

#### 4.5 Definición de las acciones a ejecutar

De acuerdo con los resultados de la evaluación, según la metodología de categorización de botaderos, hay una serie de medidas que se pueden tomar. Cada una de esas acciones deberá adecuarse a las condiciones específicas identificadas en el área de disposición final. Debe tenerse en cuenta que las condiciones económicas del municipio serán determinantes, ya que esta instancia local es la responsable de la implementación de las acciones. Como resultado de la evaluación del sitio se podrá definir si una rehabilitación es factible o no. A continuación se presentan diferentes acciones que deberán ser tomadas en cuenta en la rehabilitación de botaderos, sin embargo, dependiendo de las condiciones específicas del sitio podrían ser necesarias medidas que no han sido contempladas en la presente guía, pero que se encuentran en otras publicaciones.

Si se ha aplicado la metodología de categorización de un botadero según su impacto y el modelo 2 propuesto, el resultado es el siguiente:

<b>Actividades socioeconómicas y de salud</b>		
Presencia constante de grupos humanos	Sí	4 /4,0
Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores	Sí	4/ 4,0
Riesgo de contaminación de animales de consumo humano	Sí	4 /4,0
Afectación de otras actividades (socioeconómicas, turísticas, etc.)	Sí	4 /4,0
	<b>Total</b>	<b>16/16</b>
	<b>Porcentaje</b>	<b>100%</b>

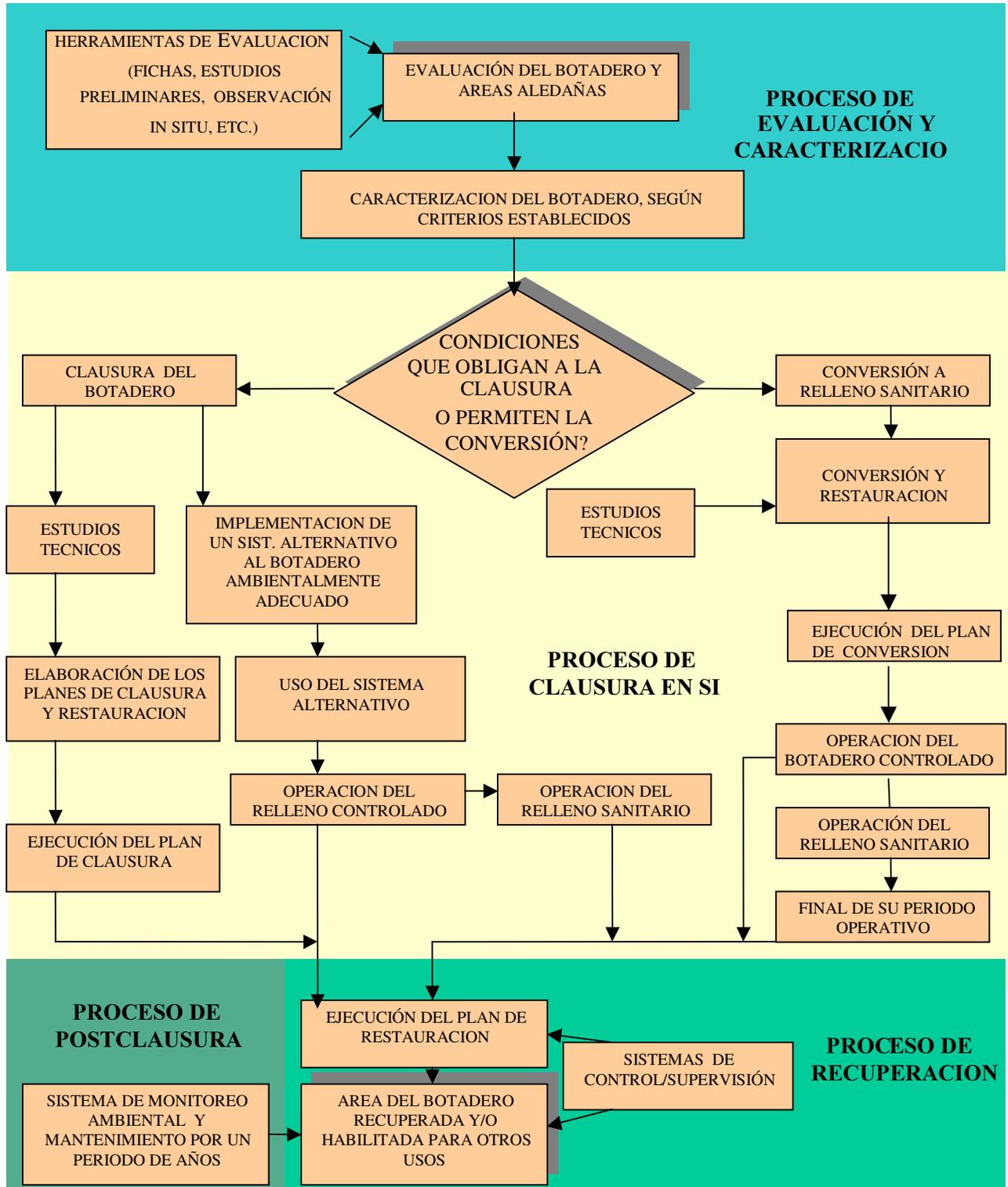
El resultado de 100% (16/16) corresponde a la calificación de un botadero de “alto riesgo” para las actividades socioeconómicas y de salud.

<b>Impactos ambientales</b>		
<b>Suelo</b>	<b>Condición</b>	<b>Puntuación</b>
Área ocupada por el relleno sanitario	< 1 ha	1/1
Tipo de residuo	Municipal	0/1
Incompatibilidad de uso del suelo	Sí	1/1
Presencia de lixiviados	Sí	1/1
<b>Aire</b>		
Presencia de biogás	Si	1/1
Quema de residuos	Si	0,5/0,5
Presencia de olores desagradables	Sí	0,5/0,5
<b>Agua</b>		
Presencia de lixiviados	Si	2/2
<b>Flora</b>		
Daños a la vegetación	Si	2/2
<b>Fauna</b>		
Proliferación de fauna nociva	Sí	1/1
Alteración de la fauna terrestre o acuática	Sí	1/1
<b>Patrimonio cultural y natural</b>		
Cerca de sitios de patrimonio histórico religioso y turístico	Sí	1/1
Cerca de áreas de reserva o de protección natural	No	0/1
	<b>Subtotal</b>	12/14
	<b>Porcentaje</b>	<b>86 %</b>

El resultado es 86% (12/14), con lo cual se puede deducir que el botadero es de alto riesgo ambiental para la zona.

La evaluación y categorización mediante los modelos 1 y 2 permiten definir que el botadero de Lurín tiene “alto riesgo”, por lo que su clausura es una prioridad.

**Diagrama 2: Proceso técnico para la clausura de un botadero**





# 5

## ***CLAUSURA O CIERRE DEFINITIVO DEL BOTADERO***



Los botaderos de residuos sólidos no constituyen una alternativa sanitaria ni segura para la disposición final de los residuos, por lo que deben ser clausurados. La clausura es un proceso integral y gradual que considera la evaluación técnica y ambiental del área que ocupa y sus alrededores; la información a partir de la cual se tomó la decisión de clausura ofrece valiosa información sobre las acciones que se deben seguir. Como es obvio, paralelamente al proceso de cierre, se deben implementar sistemas sustitutos para la disposición final de la basura de manera sanitaria.

**Figura 5-1**  
**Botadero de la ciudad de Pucallpa**



*En el área urbana de la ciudad de Pucallpa existe un gran botadero llamado “Botadero de Dos de Mayo”, ubicado en un desvío ciego del río Ucayali en la localidad de Dos de Mayo, distrito de Callaria, provincia de Coronel Portillo. Los residuos se arrojan directamente a un cuerpo de agua para hacer relleno, lo que ocasiona graves problemas de contaminación y afecta la salud de la población del entorno.*

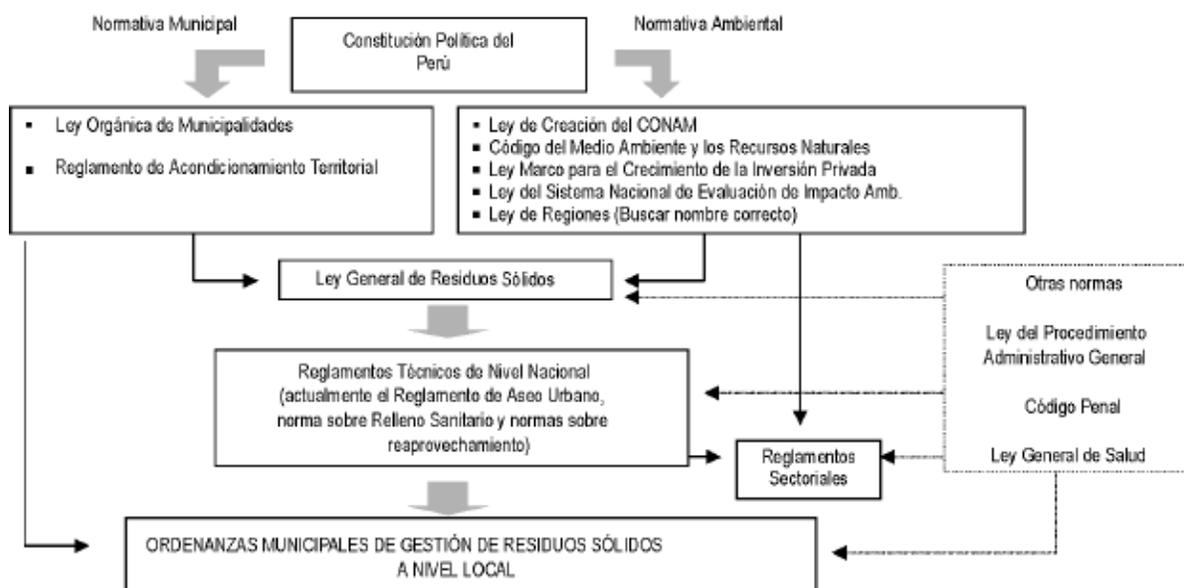
*En el área rellena del botadero se ha asentado una población y gran parte de ella cuenta con servicios básicos de agua, desagüe y luz. Debido a que el nivel freático se encuentra alto, el abastecimiento de agua en la zona es a través de pozos y alrededor del botadero hay unos 25 pozos.*

El marco legal dentro del cual se inscribe la presente Guía está constituido por los siguientes dispositivos:

Reglamento para la disposición de basuras mediante el empleo del método de relleno sanitario (Decreto Supremo N.º 6-STN del 09/01/64)

- Ley General de Salud (Ley N.º 26842)
- Ley General de Residuos Sólidos (Ley N.º 27314)
- Reglamento de la Ley 27314 Ley General de Residuos Sólidos (DS N.º 057-2004-PCM)
- Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N.º 23853)
- Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Decreto Legislativo N.º 613)
- Proyecto de Normas Técnicas para la Ubicación, Diseño, Construcción, Operación y Monitoreos de Rellenos Sanitarios Mecanizados (en proceso)
- Proyecto de Normas Técnicas para la Ubicación, Diseño, Construcción, Operación y Monitoreos de Rellenos Sanitarios Manuales (en proceso).

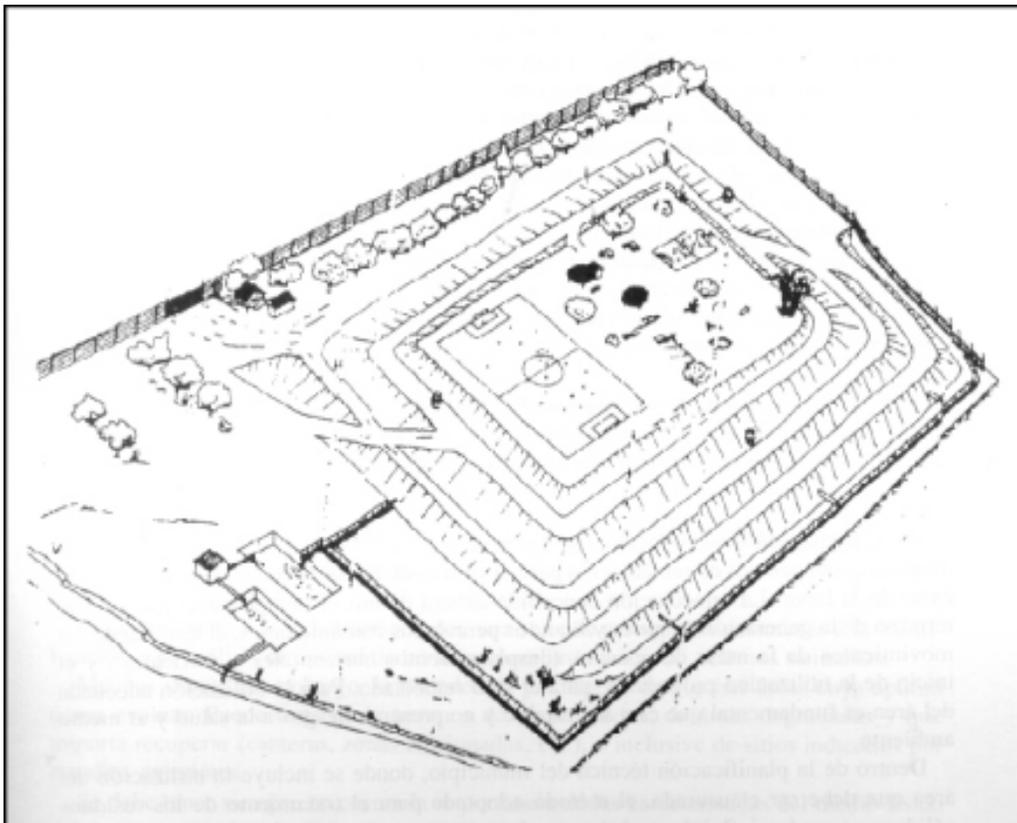
**Figura 5-2**  
**Esquema del marco legal de los residuos sólidos**



## 5.1 Uso final del suelo

Las acciones que se implementarán durante el proceso de clausura del botadero deberán ser concordantes con el uso final del suelo y la posibilidad de crear parques, zonas de recreación, áreas para estacionamiento, etc.

**Figura 5-3**  
**Uso futuro: recuperación de un botadero**



### **El caso del botadero “La Feria”, Santiago, Chile**

*El relleno sanitario de La Feria es uno de los mejores ejemplos de sellado y reinscripción de grandes rellenos sanitarios abandonados; este recibió la mayoría del vertido de los residuos sólidos de la ciudad de Santiago y estuvo activo entre abril de 1977 y agosto de 1984. A partir de julio de 1982 se realizó una explotación comercial de biogás y unas 100 chimeneas producían 86.000 m<sup>3</sup>/día y a partir de 1993 se realizó el proyecto de sellado y reinscripción a parque. Uno de los principales objetivos del proyecto era reforzar, ampliar e incrementar la masa de vegetación del área metropolitana de Santiago para contribuir al saneamiento ambiental de la atmósfera. Actualmente el proyecto de reinscripción ha dado paso a un gran parque*

*de 11,7 ha, denominado Parque André Jarlan y se ha construido la continuación de la Av. Salesianos sobre el vertedero, la que representa una importante conexión vial.*

Aún no se han hecho los cálculos de inversión para restaurar el área degradada, la que depende de:

- el impacto que ha causado el botadero en la zona degradada;
- la necesidad de evacuar a la población asentada en el área del botadero;
- los sistemas de evacuación de gases y lixiviados a implementar;
- las obras de sellado final;
- la infraestructura que se pretenda implementar, y
- los programas de vigilancia y monitoreo.

Las actividades para implementar el uso final del suelo deben considerar iniciativas que mejoren el saneamiento ambiental del sitio, ya que es altamente probable que se presenten riesgos como:

- infiltración de agua pluvial;
- erosión de la cubierta final;
- fuga incontrolada de biogás;
- fuga incontrolada de lixiviados;
- contaminación de aguas subterráneas, y
- poca estabilidad de los residuos sólidos depositados.

Luego de la clausura del botadero deben pasar entre 6 y 10 años para realizar construcciones en el área del terreno, tal como se aprecia en el trabajo desarrollado en el ex relleno de La Feria en la ciudad de Santiago, Chile. Dichas construcciones deben someterse a las restricciones señaladas en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

## **5.2 Programa de adecuación de manejo ambiental**

La elaboración del programa de adecuación de manejo ambiental constará de los siguientes dos momentos:

- En el primer momento, con la información que permitió tomar la decisión de clausurar el botadero se analizarán diversas opciones para generar consenso entre las autoridades políticas y los responsables técnicos. El consenso permitirá determinar las características generales de los estudios técnicos posteriores.

- En el segundo momento se deberán elaborar los estudios técnicos del proyecto de clausura, que contendrá la siguiente información:
  - a) recopilación y procesamiento de resultados e informes de los estudios previos;
  - b) elaboración del diagnóstico ambiental de las condiciones actuales del botadero para establecer las medidas de control y mitigación de impactos y riesgos al ambiente y a la salud pública;
  - c) elaboración del proyecto ejecutivo para la clausura;
  - d) análisis de las alternativas de solución para los recicladores;
  - e) notificación sobre la ubicación del relleno sanitario a los usuarios del botadero;
  - f) eliminación de la fauna nociva, antes de iniciar el movimiento;
  - g) compactación y sellado de los residuos sólidos mediante un programa de fumigación y eliminación de roedores, insectos y aves.

El desarrollo de estudios básicos fundamentará el diseño de la clausura y saneamiento del botadero. Las actividades que deben incluirse son:

- a) revisión de los planos de clausura;
- b) preparación del calendario de las actividades de clausura;
- c) información a la institución reguladora, y
- d) notificación a los usuarios del botadero.

En la fase de clausura se realizará el movimiento, compactación y sellado de residuos sólidos. De acuerdo con el nivel de especificación que se tenga del proyecto de clausura, podrían llevarse a cabo las siguientes actividades:

- a) levantamiento de un cercado o estructura para limitar el acceso al botadero;
- b) colocación de un letrero que anuncie la clausura del botadero y la ubicación del nuevo lugar para la disposición de los residuos sólidos municipales;
- c) recolección de los materiales ligeros que se encuentren dispersos en el lugar;
- d) de acuerdo con la topografía final proyectada, compactar los residuos depositados en el sitio para garantizar su estabilidad en el largo plazo y cubrir con material de cobertura.

Las actividades de posclausura, enfocadas en el saneamiento ambiental del sitio, consisten en la construcción de sistemas de control ambiental, tales como:

- a) construcción y terminación de las obras de drenaje y control de escurrimientos;
- b) continuación de las obras de control de biogás y lixiviados, así como de monitoreo de las aguas subterráneas y del biogás;
- c) instalación de dispositivos para la detección de asentamientos diferenciales (hundimientos);
- d) determinación del espesor y características del material de cubierta final del sitio clausurado para aislar los residuos cercanos a la superficie, minimizar la migración de líquidos en las celdas, controlar el venteo del gas generado, y reducir la erosión y asentamientos con una permeabilidad baja;
- e) colocación de la cubierta vegetal indicada en el proyecto de clausura, y
- f) construcción y adecuación de las instalaciones para el mantenimiento y control del sitio clausurado (caseta de control, cerco perimetral).

La cobertura final debe colocarse sobre las áreas concluidas de las zonas que se van rehabilitando y deberá tener una pendiente suficiente como para limitar la infiltración de los aguas pluviales. Esta actividad deberá efectuarse en forma progresiva, según se concluya la operación de cada área de disposición.

La cubierta de suelo tendrá una profundidad mínima de 50 cm sobre los desechos depositados. Se considerará como ideal una cobertura de 100 cm si en la zona existe abundante material de cobertura. Adicionalmente y dependiendo del uso futuro de la zona del botadero recuperado, se colocará una capa de suelo capaz de sustentar la vegetación u otro elemento que se desee colocar en la etapa de recuperación. Los suelos arcillosos son útiles para la cubierta final porque limitan la filtración de las aguas pluviales, especialmente en zonas lluviosas.

A continuación se propone un conjunto de pautas, de A hasta H, para asegurar una adecuada cobertura final de los botaderos.

**Figura 5-4**  
**Diseño de cubierta final**

- *Residuos sólidos compactados* antes de aplicar el material de cobertura.
- *Material de cobertura de operación normal*, se coloca una capa superior a los 0,2 m.
- *Sistema de drenaje de gases*, construido con grava arenosa o escombros de construcción; este material tiene una buena permeabilidad y se debe compactar bien; se recomienda su uso cuando los residuos sólidos depositados han superado los 6 m.
- *Capa de sello* para colocar una barrera de baja permeabilidad; en este caso se deben colocar dos capas de material arcilloso de 0,2 m cada una con una permeabilidad de  $1 \times 10^{-6}$  cm.
- *Segunda cubierta* de material grueso de 0,2 m de espesor mínimo para que actúe como una *capa de drenaje* de aquellos líquidos (agua pluvial) que pasen de la cubierta superior. Se requiere para aquellos sitios cuya conformación final tenga pendientes mayores o iguales a 3%.
- *Geotextil después de la capa de drenaje* con el fin de evitar la saturación de los poros de la capa permeable y minimizar la erosión.
- *Cubierta de tierra vegetal* para proteger las capas inferiores del daño mecánico y de la erosión. El espesor de esta capa dependerá del material disponible y del uso final que se planea dar al sitio. En cualquier caso el espesor mínimo recomendado es de 0,2 m. Si se ha planificado la plantación de árboles y arbustos se puede requerir hasta espesores de un metro. Debe evitarse que las raíces penetren y dañen las capas de clausura que se encuentran más abajo.

### **5.3 Proyecto de saneamiento ambiental**

Las acciones encaminadas al control de los residuos sólidos después de la clausura, se conocen como saneamiento ambiental. Se pueden definir como los procedimientos de ingeniería para el diseño, construcción y operación de sistemas de control con el propósito de mitigar los impactos ambientales y de salud pública durante los procesos de estabilización de los residuos depositados en el sitio clausurado.

Se deberán realizar las siguientes acciones:

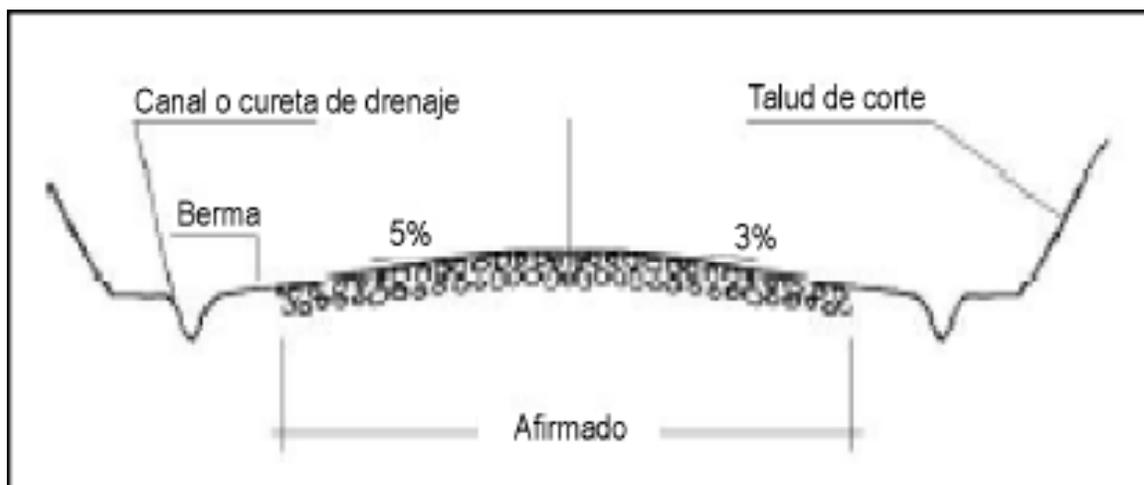
- Asegurar un drenaje adecuado de aguas de lluvia o superficiales.
- Manejar adecuadamente los lixiviados.
- Controlar los gases y los olores.
- Realizar un control periódico de los vectores y de los roedores.
- Ejecutar un monitoreo ambiental de acuerdo con el objetivo del programa de monitoreo.

### **Drenaje superficial**

En zonas con cursos de agua superficiales de carácter permanente o lluvias frecuentes se deberá considerar:

- La implementación de zanjas de coronación para evitar que las aguas superficiales y las de escurrimiento, producto de las lluvias, lleguen hasta las áreas en saneamiento o de disposición final de los residuos.
- La ubicación adecuada del sitio desde el punto de vista del drenaje superficial de las aguas.
- Las superficies y taludes del sitio deben tener un acabado uniforme y una pendiente mínima de 2% en dirección aguas debajo de los taludes para facilitar el escurrimiento de las aguas de lluvia que inevitablemente caerían sobre las áreas en rehabilitación o de disposición final.

**Figura 5-5**  
**Drenaje superficial**



El drenaje superficial se realizará mediante el diseño y la construcción de canales perimetrales de interceptación, los que conducirán dichas aguas hasta canales y cursos de agua existentes.

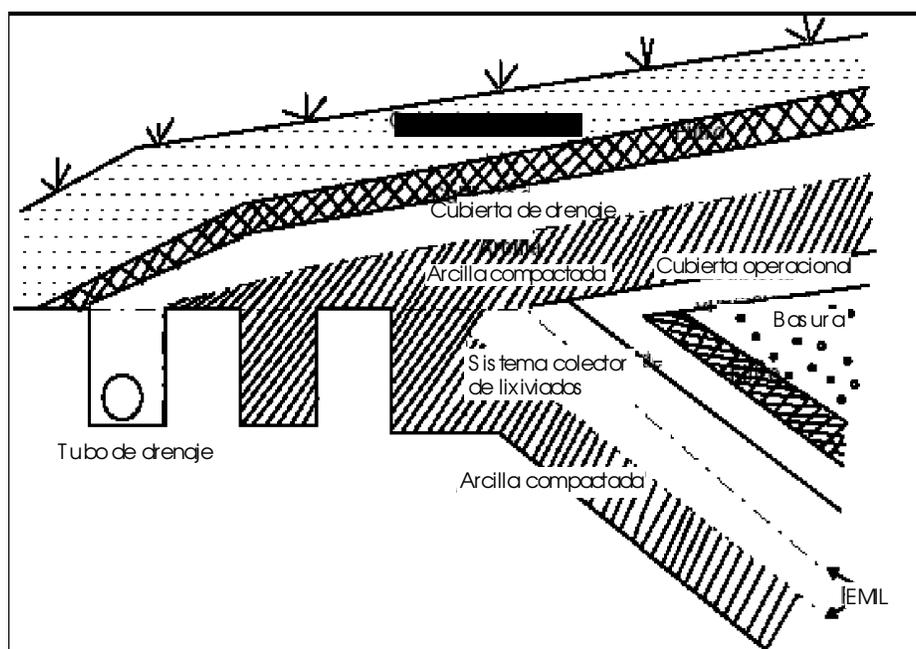
Con la información topográfica e hidrológica disponible se calculará el tamaño de los canales de drenaje superficial. Los cálculos hidráulicos ordinarios dependen de la gradiente, de la zona superficial de las captaciones de agua superficial y la frecuencia de la precipitación elegida (período de recurrencia). Para determinar el tamaño de los canales de drenaje se sugiere como base de cálculo un periodo de recurrencia de una tormenta de cinco años.

### Manejo de lixiviados

Dependiendo de la cantidad de lixiviado se procederá a realizar su absorción con material de la zona o su captación mediante el bombeo o canalización hacia una poza de tratamiento. Se debe considerar la habilitación de drenes perimetrales en las partes bajas del área de disposición final para la captación del lixiviado que pudiera aflorar. Esos drenes de captación confluirán en las pozas de captación, donde los lixiviados serán recirculados o trasladados hasta una zona de tratamiento.

Considerando que el procesamiento oportuno de los residuos (acumulación en la menor área posible, compactación y cobertura adecuadas) constituye una de las medidas más eficientes para minimizar la generación de lixiviados, se debe procurar la correcta ejecución de dichas actividades.

**Figura 5-6**  
**Sistema de impermeabilización y drenaje para lixiviados**



Fuente: Hernández Barrios, Claudia P.; Wehenpohl, Gunther. *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*. México, D.F., Secretaría de Ecología, 2000.

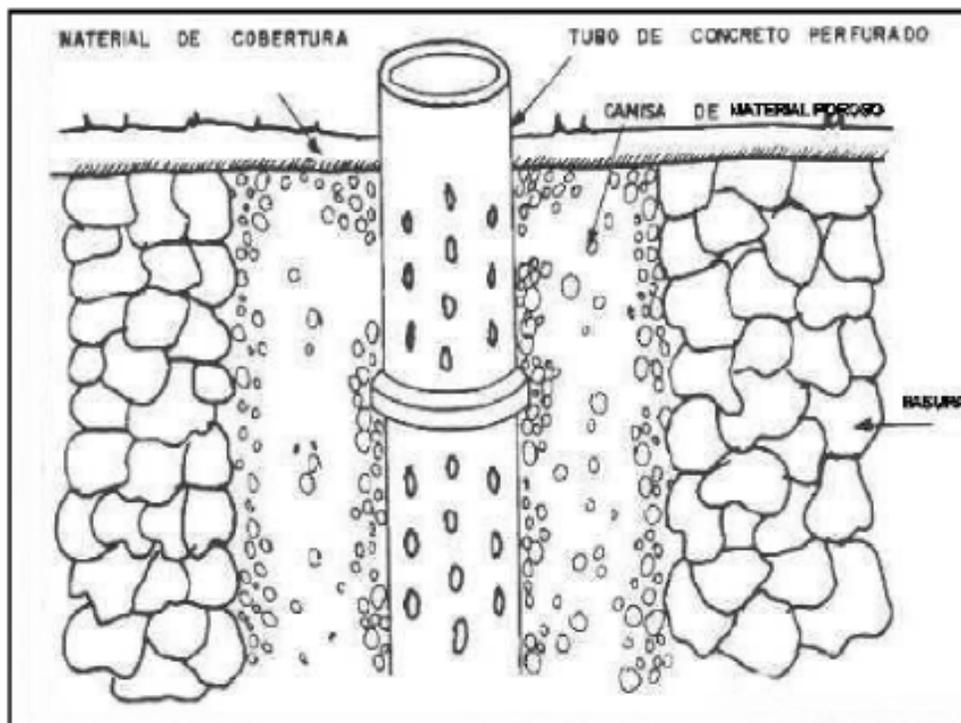
Si se utilizan pozas de captación se debe considerar que la capacidad de la laguna debe ser suficiente para almacenar todo el lixiviado a fin de reducir su poder contaminante hasta límites aceptables o permisibles. Se recomienda un periodo de retención de 7 a 14 días, aunque todavía no se ha determinado el tiempo aceptable para mantener almacenado el lixiviado sin ningún tratamiento. El diseño debe considerar un volumen adicional de reserva de 25% y tener una profundidad mínima de un metro para aumentar el potencial de evaporación. La laguna además debe drenar a una corriente de agua a través de un vertedero o una compuerta manual.

En el sistema de recirculación de lixiviados, estos pueden ser llevados desde la parte baja del área del botadero controlado hasta la parte superior del mismo para ser evacuados a través de las chimeneas de evacuación de biogás, lo que permitirá incrementar su evaporación así como la absorción y retención en la masa de residuos. Se debe recordar que en las capas inferiores del residuo dispuesto se genera calor que puede superar los 60 °C, lo que favorece la evaporación del lixiviado.

### **Control de gases (biogás) y olores**

Para el manejo apropiado del biogás, la técnica más empleada es el de chimeneas o pozos de venteo pasivos. Con esta técnica, una vez concluido el sellado final de los residuos, se perforan los pozos de 40 a 60 cm de diámetro hasta que alcancen por lo menos 75% del espesor de los residuos dispuestos. Luego se colocan tubos de PVC o de concreto de 10 cm como mínimo con perforaciones laterales y rellenas con grava. En el extremo superior de estos drenes y como mínimo a 1,5 m sobre el nivel de la cobertura final, se instalará un quemador que deberá estar en combustión permanente para controlar el biogás y los olores del mismo.

**Figura 5-7**  
**Pozo con estructura de malla**



Fuente: Hernández Barrios, Claudia P.; Wehenpohl, Gunther. *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*. México, D.F., Secretaría de Ecología, 2000.

Existen varios sistemas para la captación del biogás y el objetivo es alcanzar el control en la salida. Una forma sencilla es el sistema de venteo que consiste en un pozo relleno con cascajo en las capas de la cubierta final. No es muy recomendado porque no favorece el control de salida y puede ser una fuente de malos olores e incluso explosiones. Además es un punto de ingreso de agua de lluvia al interior de las celdas.

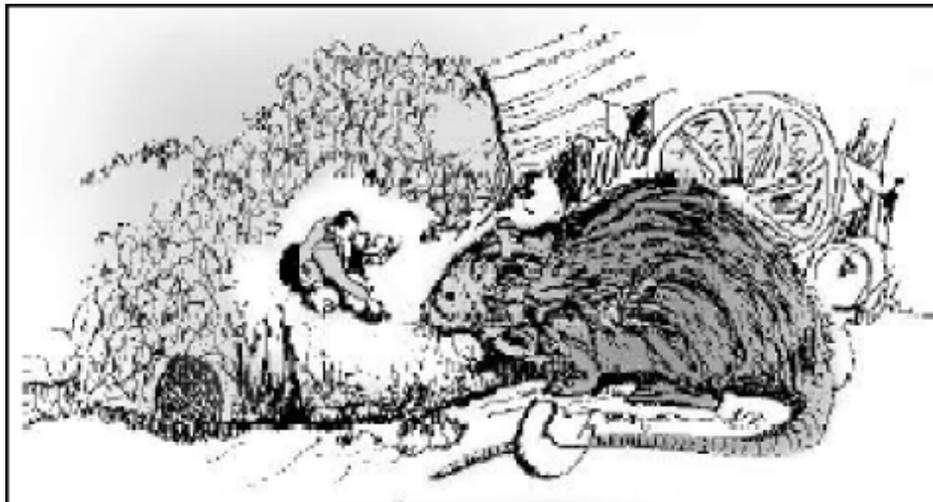
La separación de los drenes verticales estará en función del área que abarcan los residuos dispuestos y su profundidad o altura respecto al suelo original; dichas separaciones lineales pueden variar de 10 hasta 40 m o su equivalente en áreas cada 100 hasta 1.600 m<sup>2</sup>, respectivamente. Adicionalmente, también se considera que una cobertura de los residuos con tierra de granulometría fina (principalmente arcilla y tierra negra) minimiza la emanación de gases por la superficie del área saneada o de disposición final.

### **Control de vectores y de roedores**

Para el control de vectores y de roedores se procederá según las disposiciones sobre vigilancia sanitaria que dictamine la autoridad de salud. Para combatir los vectores y los roedores es recomendable no utilizar o usar el mínimo de rodenticidas o insecticidas porque su empleo contamina el ambiente y a la larga hace que los vectores desarrollen una mayor resistencia a los

agentes químicos, lo que a largo plazo dificulta su control. Una de las maneras efectivas de controlar los vectores es cubrir los residuos con tierra.

**Figura 5-8**  
**Control de vectores**



**Fuente:** Jaramillo, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Lima, OPS/CEPIS, 2002.

Las moscas y los roedores suelen llegar en los vehículos recolectores y de transporte de residuos; por lo que en un primer momento se recomienda, como práctica excepcional, fumigar y colocar rodenticidas en el área de relleno. La presencia de estos insectos y roedores, al igual que la de aves que se alimentan de desperdicios y carroña, es un indicador de la falta de cubierta de tierra.

### ***Personal y equipo***

Las actividades del proceso de clausura de un botadero se llevarán a cabo con personal profesional, técnico y obrero calificado, así como con equipo y maquinaria adecuados y suficientes para el volumen de residuos a ser tratados y las características de la zona. Se podrá requerir el uso de maquinaria pesada, similar a la utilizada en el proceso de habilitación y operación de un relleno sanitario.

### **Monitoreo ambiental**

Existen dos tipos básicos de monitoreo que son el periódico y el continuo. Dependiendo del objetivo del programa de monitoreo y de las condiciones específicas, se deberá seleccionar una de las opciones mencionadas para cada uno de los parámetros de interés.

**Monitoreo de las aguas subterráneas.** Los programas de monitoreo deben incluir como mínimo evaluaciones frecuentes de las aguas subterráneas; el muestreo semestral de rutina es suficiente para establecer la presencia de cualquier tendencia, identificar cualquier cambio estadísticamente significativo y detectar aquellos parámetros con valores mayores a los permitidos.

**Monitoreo de las aguas superficiales.** Este debe ser un componente de rutina cuando se sabe o se sospecha que el lixiviado está afectando las aguas superficiales de los alrededores o cuando se tiene alguna preocupación fundada sobre la calidad del agua subterránea. De otra forma el monitoreo será necesario normalmente el primer año de la clausura y muy esporádicamente en etapas posteriores.

**Monitoreo del lixiviado:** El monitoreo tendrá una frecuencia mensual durante los primeros cuatro años después de cerrado el sitio. Después se recomienda dos veces al año.

### Monitoreo de lixiviados y acuíferos

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
pH	Potenciómetro	Lectura directa en campo	Mensual
Conductividad eléctrica	Conductímetro	Lectura directa en campo	Mensual
Oxígeno disuelto	Oxímetro	Lectura directa en campo	Trimestral
Metales pesados (Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Se, Ag, Tl, V, Zn)	Espectrofotómetro de absorción atómica con accesorios	Absorción atómica	Semestral
Demanda química de oxígeno (DQO)	Equipo y material de laboratorio para DQO	Dilución - filtración - oxidación	Trimestral
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Equipo y material de laboratorio para DBO	Dilución - digestión de 5 días	Semestral
Coliformes fecales y totales	Tubos múltiples (NMP)	Incubación a 35° C	Semestral

**Monitoreo del biogás:** El monitoreo del biogás debe realizarse cada trimestre para identificar cualquier problema antes de que ocurra y facilitar las acciones correctivas.

### Monitoreo de biogás

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
Composición del biogás: CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	Cromatógrafo de gases	Cromatografía de gases	Trimestral
Explosividad y toxicidad	Explosímetro digital	Lectura directa en campo	Trimestral
Flujo	Flujómetro	Lectura directa en campo	Trimestral

**Monitoreo de las partículas aerotransportables:** Se considera suficiente hacer mediciones semestrales los primeros dos años después del cierre del sitio. La revisión anual posterior permitirá contar con una vigilancia certera.

### Monitoreo del aire

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
Partículas totales en suspensión	Equipo para muestreo de alto volumen	Muestreo de alto volumen	Trimestral
Partículas biológicas viables	Equipo de laboratorio para medición de colonias de bacterias en el aire	Incubación, conteo de colonias	Trimestral
Ruido	Sonómetro	Según el manual	Trimestral

**Monitoreo del suelo:** El monitoreo estará encaminado a la búsqueda de metales pesados e hidrocarburos. Sólo se realizarán cuando se tenga sospecha de contaminación ambiental y como forma de comprobación.

### Monitoreo del suelo

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
Metales pesados (Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Se, Ag, Tl, V, Zn)	Espectrofotómetro de absorción atómica	Absorción atómica	En caso de sospechar su presencia
Compuestos orgánicos volátiles (hidrocarburos)	Cromatógrafo	Cromatografía	En caso de sospechar su presencia

**Radiactividad y parámetros ambientales:** Un monitoreo que acompañe a los demás monitoreos será adecuado para sustentar los datos basados en los parámetros meteorológicos y ambientales.

### Monitoreo de la radiactividad y parámetros ambientales

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
Radiactividad	Contador tipo Geiger	Según el manual	Semestral
Parámetros meteorológicos: Temperatura ambiente Precipitación pluvial Humedad relativa Presión barométrica Dirección y velocidad del viento	Estación meteorológica	Lectura directa en campo	Mensual

Finalmente, se debe tener en cuenta que el mantenimiento de largo plazo tiene el objetivo de resolver problemas provocados por las lluvias y el viento, como las depresiones, grietas y erosiones. Es importante que dichos problemas se reparen lo más pronto posible para evitar que los residuos queden al descubierto y que puedan provocar problemas ambientales.



# 6

***REHABILITACIÓN  
DEL SITIO DE  
DISPOSICIÓN FINAL***



## 6.1 Estudios técnicos

La rehabilitación, clausura y saneamiento ambiental de un sitio de disposición final de residuos sólidos requiere la elaboración de estudios previos para contar con la información y parámetros básicos que permitirán desarrollar el proyecto correspondiente.

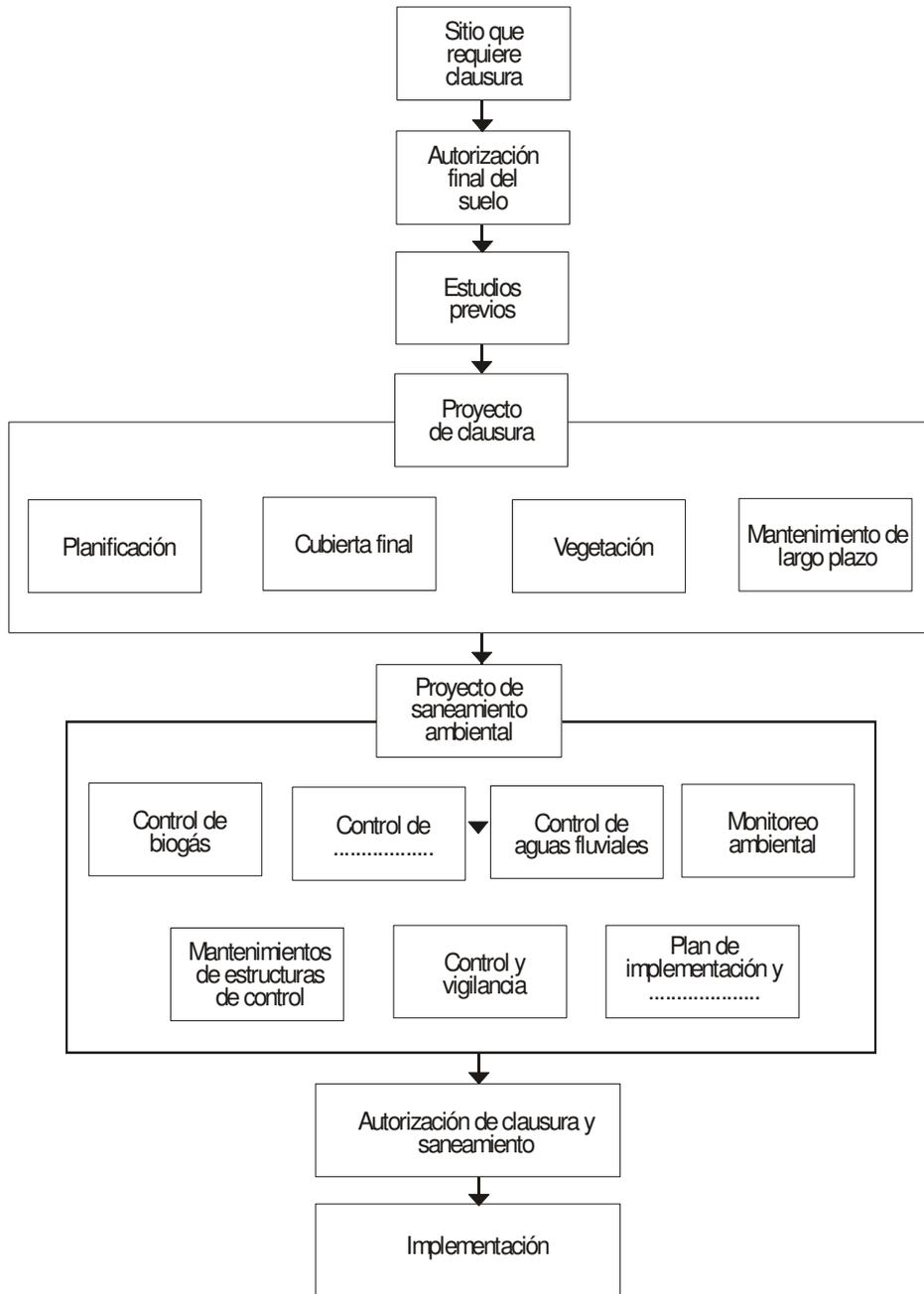
Los estudios previos tienen relación con:

- los residuos sólidos y derivados
- las características del sitio
- al servicio de limpieza en su totalidad.

Los estudios básicos referidos a los residuos sólidos municipales y derivados son:

**Análisis de generación y composición de residuos sólidos municipales.** Un sitio rehabilitado y transformado en un sitio controlado continúa recibiendo residuos, por ello, son importantes los datos referentes a la generación y composición de éstos en el sitio. Estos estudios incluyen los datos de generación per cápita, peso por volumen, composición de los residuos, así como las características físicas y químicas.

**Figura 6-1**  
**Proceso de clausura y saneamiento de sitios de disposición final**



## **Ejemplo de cálculo de generación diaria de basura**

*Encuentre la cantidad diaria de residuos sólidos que generan 40 mil habitantes de la ciudad de “La Vuelta”, cuya generación por habitante se estimó en 0,5 kg/hab/día.*

*DSd = cantidad de desechos sólidos diarios*

*DSd = Pob x ppc*

*DSd = 40.000 x 0,5 = 20.000 kg/día = 20 t/día*

*Si el relleno operará seis días a la semana ¿cuánta basura será necesario procesar cada día hábil?*

*DSd hábil  $0,7 \times 20/6 = 23,3$  t/día*

*Entonces, la cantidad de basura que se procesará cada día hábil en la ciudad de “La Vuelta” será 23,3 t/día*

**Análisis de lixiviados.** El muestreo y análisis de lixiviados permitirá caracterizarlos en el sitio donde fueron generados y determinar si es necesario darles un tratamiento y, en caso afirmativo, el tipo de tratamiento más apropiado.

**Análisis de biogás.** La caracterización del biogás permitirá conocer su composición y el nivel de riesgo presente en el sitio, incluida la eventual presencia de vapores orgánicos tóxicos en el biogás. Esta información permitirá definir el potencial aprovechamiento del gas, así como los parámetros de diseño de los sistemas de captación y control.

**Análisis del agua subterránea.** Su caracterización está en función de factores como su presencia en el sitio, que existan pozos en la zona y la dirección del flujo del acuífero de manera que la toma de muestras se haga aguas abajo y aguas arriba en relación con la ubicación del tiradero (a una distancia de 500 a 750 m). El análisis físico y químico del agua permitirá establecer si existe contaminación por causa del tiradero a cielo abierto en la zona.

Se requieren los siguientes estudios para conocer las características del sitio de disposición:

**Topografía:** En primer lugar se tendrán los estudios de localización y orientación del terreno. En segundo lugar, los correspondientes a la altimetría, secciones y curvas de nivel del terreno que actualmente y en el futuro estén previstos para la disposición final. También se determinará el relieve original del sitio, lo cual será factible a partir de estudios anteriores o mediante restituciones fotogramétricas. Esa información permitirá estimar la volumetría de lo que ya ha sido dispuesto y su proyección, lo que unido a los datos de generación y composición de residuos y el diseño del proyecto permitirán estimar la vida útil restante.

**Geofísica y geohidrología:** Dadas las particularidades y la forma en que se opera un tiradero a cielo abierto, es difícil que haya información sobre las características geológicas y geohidrológicas del sitio, por lo que será necesario generarla. El estudio geofísico consta de sondeos eléctricos

verticales (SEV's) que determinan la resistividad en el campo y posterior interpretación de los resultados que permitirán conocer el subsuelo.

*Mecánica de suelos:* Las propiedades mecánicas de los suelos tienen gran influencia en el comportamiento de los fenómenos que se presentan en los botaderos a cielo abierto. Se recomienda determinar los siguientes parámetros de campo y laboratorio: capacidad de carga; permeabilidad; clasificación de suelos; capacidad de intercambio catiónico; peso volumétrico; granulometría; contenido orgánico total; límites de consistencia; compresión triaxial; compactación Proctor estándar; pH; humedad y porosidad. Con esos parámetros es posible establecer el diseño de la rehabilitación y clausura del tiradero y calcular la altura máxima, el potencial de infiltración de lixiviados, el espesor de suelo de intercambio, entre otros.

*Climatología y meteorología:* La precipitación pluvial es un factor importante en la formación de lixiviados y en el diseño de la operación del sitio (en caso de rehabilitación) y obras complementarias. Los datos de fuentes bibliográficas o de estaciones meteorológicas de la región son: precipitación pluvial, temperaturas y dirección de los vientos.

*Diagnóstico breve del servicio de limpieza de la localidad:* Se realizará una descripción de cada una de las etapas que constituyen el servicio de limpieza de la localidad: almacenamiento domiciliario, barrido, recolección, transporte, tratamiento y, especialmente, la disposición final.

## **6.2 Rehabilitación del botadero**

La rehabilitación de los botaderos a cielo abierto tiene la finalidad de disminuir y mitigar los impactos al ambiente, mejorar la imagen del sitio y operar el sitio bajo condiciones controladas.

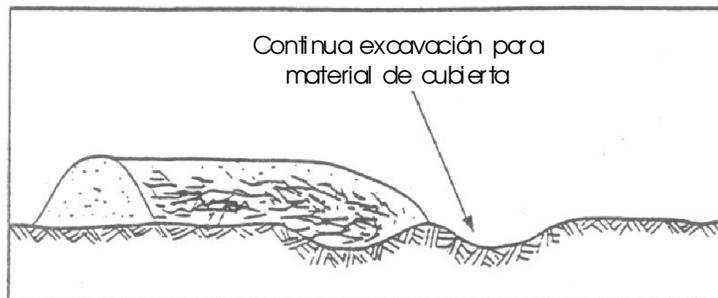
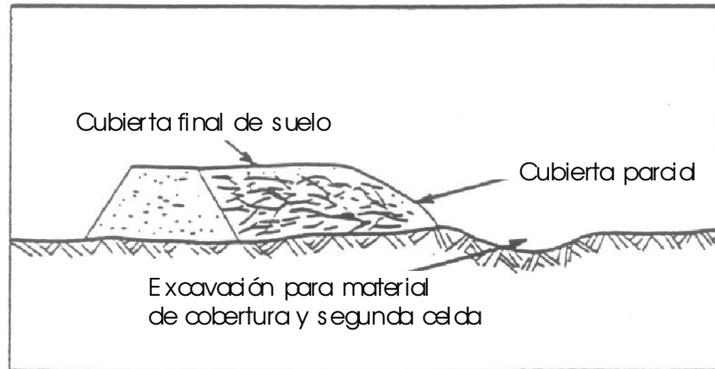
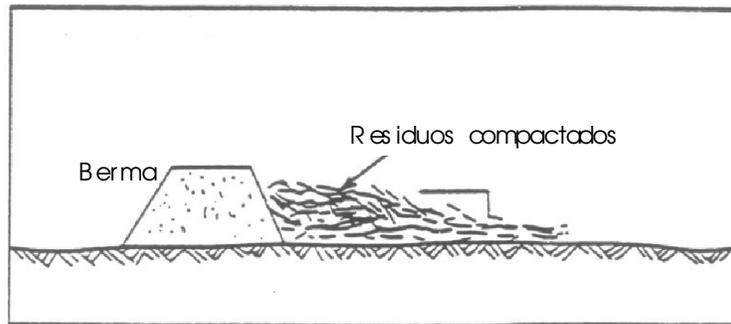
Antes de la elaboración del proyecto definitivo se recomienda la elaboración de un perfil de proyecto que presente el concepto y sus líneas principales, así como las alternativas de solución. Con el perfil de proyecto se debe buscar un acuerdo con las autoridades competentes para posteriormente elaborar el proyecto definitivo.

El proyecto de rehabilitación deberá considerar una vida útil que justifique la inversión en la rehabilitación y deberá contar con el compromiso de las autoridades municipales y encargados del servicio de limpieza para que operen el sitio de acuerdo con criterios técnicos.

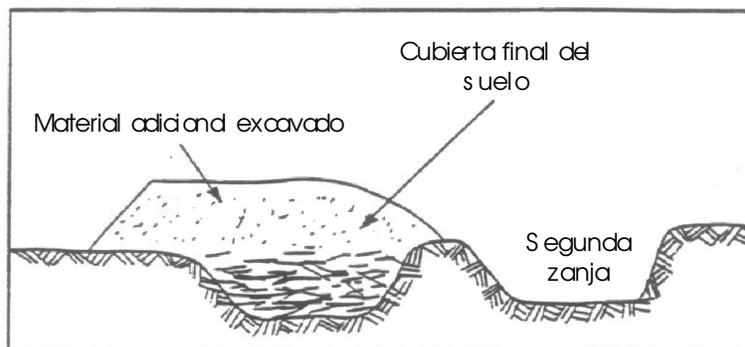
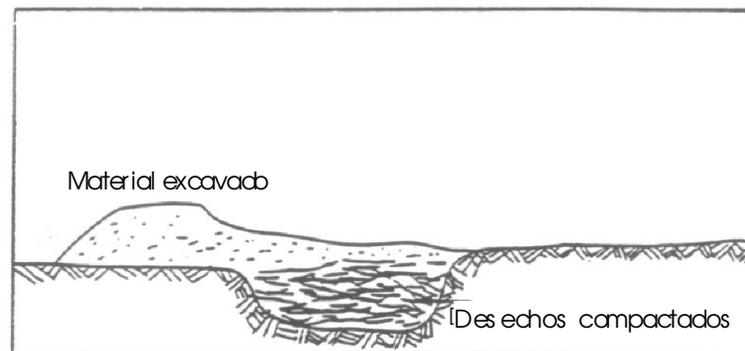
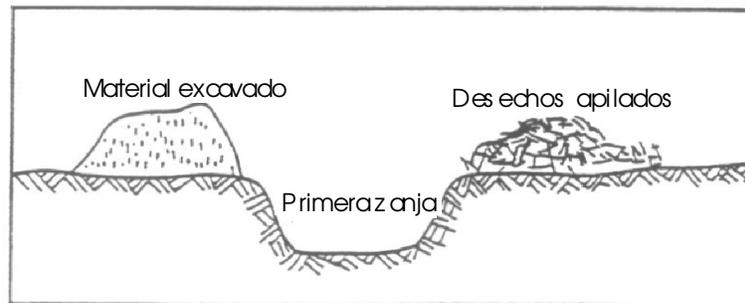
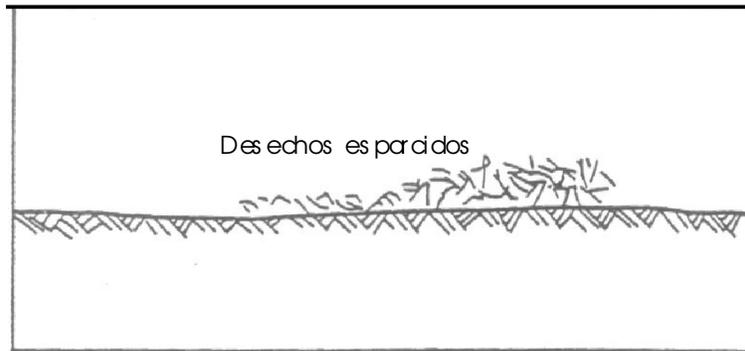
*Cálculo de vida útil.* Este cálculo, conjuntamente con el análisis de costo-beneficio, es importante para decidir la inversión de la rehabilitación y justificar la continuidad del sitio para la disposición final. Las inversiones relacionadas con la estabilización de los residuos, la clausura y saneamiento no estarán consideradas con respecto a la vida útil, ya que estas acciones se necesitarán independientemente del uso futuro. En general, se recomienda la rehabilitación cuando la vida útil restante del sitio es mayor de 5 años. Los parámetros para el cálculo de la vida útil son: volumen disponible, densidad que se puede alcanzar con la compactación y cantidad de residuos que ingresa por día. En relación con el parámetro de cantidad de residuos por día debe tenerse en cuenta tanto el incremento como la disminución de la población entre un año y otro.

# Tecnologías básicas de movimiento, consolidación y compactación de residuos sólidos aplicados a botaderos

## A. MÉTODOS DE ÁREA



**B. MÉTODO DE ZONA**



*Infraestructura.* Para la rehabilitación de los botaderos no es posible aplicar todas las medidas necesarias para un relleno sanitario, especialmente la impermeabilización en la base ya que el material se encuentra depositado. Si bien hay tecnologías disponibles, estas son muy costosas. Algunas de las medidas que pueden aplicarse dependen de las condiciones locales y de la prioridad que se tenga para la construcción de esta infraestructura.

La caseta de vigilancia permite controlar mejor a las personas y vehículos que llegan al sitio de disposición final, así como la cantidad y calidad de los residuos que ingresan. Si el volumen es grande se recomienda instalar una balanza para controlar el peso de los residuos.

El relleno sanitario debe tener un cerco perimetral para evitar el paso de animales y de personas ajenas a la operación. Por lo general, se instala una malla ciclónica con una altura mayor de dos metros.

Mediante el levantamiento topográfico de la zona se definen las áreas que no serán utilizadas para la disposición final. El movimiento de los residuos y su estabilización deben planearse, ya que en la rehabilitación es importante crear el mayor volumen útil posible. Las actividades consisten básicamente en el movimiento de los residuos y su conformación.

- *Movimiento de residuos sólidos.* Consiste en empujar los residuos que se encuentran esparcidos sobre el terreno hacia el área destinada a la conformación de la celda, de manera que se aproveche mejor el terreno disponible.
- *Conformación de los residuos en la menor área posible.* Se logra mediante la construcción de celdas o capas, de acuerdo con el método seleccionado.

Antes de proponer y seleccionar el método de operación para la rehabilitación del sitio se requiere evaluar las características y condiciones de los residuos depositados en el terreno con la finalidad de que se efectúe el menor movimiento de residuos y aprovechar al máximo el volumen disponible.

Las características naturales y artificiales de la zona alrededor del botadero definen el escurrimiento del agua superficial. Para limitar la infiltración de las aguas de lluvia se construyen drenes arriba del cuerpo del sitio rehabilitado para captarlas y desviarlas. Con ese método se reduce la cantidad de lixiviados y el agua que no percola a través del sitio de disposición puede ser aprovechada porque no está contaminada. Para el cálculo de la dimensión de los drenes se tiene que considerar el área de influencia (cuenca hidrológica).

Si el sitio permite una extensión horizontal, se deberán aplicar los mismos métodos de impermeabilización que en un relleno sanitario y garantizar una permeabilidad de  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg en forma homogénea sobre el sitio con una profundidad mínima de 1,5 m. Esta impermeabilización se puede alcanzar con material natural bien compactado, con una geomembrana (espesor  $>1,5$  mm) o con una combinación de ambos. Las áreas previstas para la extensión se presentarán en un plano a escala 1:1.000.

Cuando el agua percola a través de varios materiales, remueve algo de sólidos y tiene un alto poder contaminante. A esta agua y su contenido se le denomina lixiviado. La infraestructura necesaria para su captación incluye sistemas de impermeabilización colocados con cierta pendiente para

conducir por gravedad el lixiviado a los tubos colectores. El diámetro de los tubos está en función de la cantidad de lixiviados previamente calculados. Este sistema colector extrae el lixiviado y lo lleva al lugar de tratamiento.

### **Captación de lixiviados**

El sistema de captación de lixiviados deberá instalarse inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización. Estos sistemas consistirán en capas de drenaje ubicadas en la base del sitio de disposición y sobre cualquier capa superior donde se espere tener acumulación de líquidos.

Los lixiviados generados en un botadero generalmente se infiltran en el subsuelo y contaminan las aguas subterráneas. Esa infiltración no puede impedirse posteriormente, principalmente por razones económicas ya que sería necesario remover todos los residuos depositados. Sin embargo, la generación de lixiviado se puede reducir considerablemente si se desvían las aguas pluviales y se cierra el sitio con material impermeable (ver parte referida a la clausura).

En la práctica, es común la combinación de tratamiento y recirculación de lixiviados. El biogás generado en el relleno sanitario es un producto de la degradación biológica de los residuos sólidos municipales. Los gases que se producen en mayor proporción son metano, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y nitrógeno. El gas metano busca salir del interior de las celdas hacia la atmósfera y hay riesgo de explosión si su concentración es de 5 a 15% en volumen.

### **Captación de biogás**

El control del biogás deberá considerarse en las situaciones siguientes:

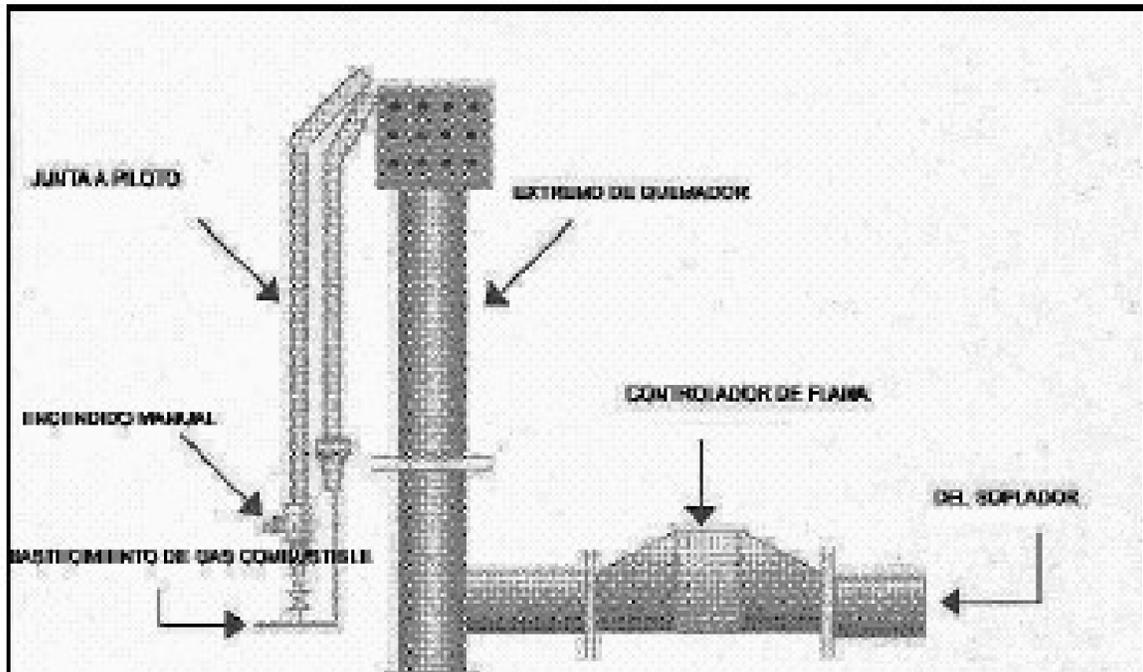
- cuando existan viviendas y edificios en las áreas circundantes al sitio de disposición final;
- cuando los residuos depositados tengan un alto contenido de materia orgánica;
- cuando en los planes del uso futuro del sitio se haya considerado el acceso al público;
- cuando las emisiones de biogás pongan en peligro la salud de la población por sus características fisicoquímicas;
- cuando en el sitio se produzcan intensos olores desagradables para la población circundante, y
- cuando la presión del biogás sea tal que ocasione una fuerte migración lateral o afecte la vegetación que rodea al sitio.

**Cuadro 6-1:  
Formas de control del biogás en sitios clausurados**

MODALIDAD	JUSTIFICACIÓN Y OBSERVACIÓN	TIPO DE CONTROL
No control	<p>Cuando existe un área de amortiguamiento, en el que el biogás se difunda a través del material de cubierta y no alcanza concentraciones riesgosas.</p> <p>Cuando el sitio es pequeño y se encuentra fuera de zonas pobladas.</p> <p>Cuando las emanaciones no ponen en riesgo la salud ni la seguridad de la población circundante.</p> <p>Para pequeños municipios y zonas con recursos limitados, siempre que se cumplan las condiciones arriba mencionadas.</p>	
Control pasivo	<p>Maneja y controla el movimiento del biogás en cualquier sitio.</p> <p>Funciona mediante el principio de presión natural y el mecanismo de convección.</p> <p>No es muy efectivo para la remoción del biogás.</p> <p>Para áreas donde el riesgo es mínimo.</p>	<p>Zanjas de grava</p> <p>Pozos de venteo pasivo</p> <p>Barreras</p> <p>Sistemas de colección a nivel superficial</p>
Control activo	<p>Controla el movimiento del biogás mediante una presión negativa inducida.</p> <p>Se requiere un soplador que logre el control de la migración lateral de biogás.</p> <p>Permite el aprovechamiento de esta fuente no convencional de energía.</p>	<p>Pozos de extracción</p> <p>Zanjas de extracción</p> <p>Red de captación del biogás</p>

La captación del biogás, a diferencia de los lixiviados, puede realizarse posteriormente, aunque su eficiencia es mayor cuando el sistema se construye al inicio de la operación del sitio. En los casos de botaderos con poca altura (hasta 5 ó 6 metros), no es necesario instalar un sistema de captación porque la producción de gas por hectárea es baja y la instalación del sistema de captación es costosa.

**Figura 6-2**  
**Respiradero de gas con quemador simple**



**Fuente:** Hernández Barrios, Claudia P.; Wehenpohl, Gunther. *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*. México, D.F., Secretaría de Ecología, 2000.

Es importante que las tuberías tengan la suficiente inclinación y que sigan la pendiente del terreno porque si éstas se llenan de agua por la condensación de la humedad del biogás, el gas no podrá circular por una tubería inundada. En el punto más bajo se tiene que instalar una conexión al drenaje para la colección del agua de condensación que se pueda generar.

En la parte de extensión del relleno rehabilitado, sea vertical u horizontal, se deberá poner un sistema de captación de biogás desde el inicio, el que crecerá paralelamente al desarrollo de la celda del relleno. La figura 6-3 muestra algunos ejemplos de pozos de captación de biogás.

Un método económico es la instalación de estructuras de malla rellenas de piedra. Éstas tienen superficies de 0,6 a 1,0 metro por lado con profundidades que van de 0,3 m abajo del nivel o base del relleno, con cubierta en la parte superior y un respiradero con la forma de cuello de ganso. En la figura 10 se presenta un esquema de pozo típico.

**Figura 6-3**  
**Sistema simple de captación de biogás**



**Fuente:** Hernández Barrios, Claudia P.; Wehenpohl, Gunther. *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*. México, D.F., Secretaría de Ecología, 2000. Fotografía: G. Wehenpohl.

Para seleccionar el número de pozos de extracción se tiene que conocer la cantidad de residuos depositados, la profundidad promedio del sitio y el área del mismo. Se estima que dos pozos por hectárea son suficientes. En el proceso de rehabilitación se debe iniciar la clausura parcial de las áreas ya saturadas y ayudar a disminuir la infiltración de la lluvia y en consecuencia la generación de lixiviados. La descripción de la cubierta final se encuentra en capítulos posteriores.

### **Cobertura final**

Como parte del diseño de la operación de un sitio rehabilitado se consideran el diseño básico de ingeniería del sitio y la selección de la maquinaria que se empleará, tanto para las obras propias de rehabilitación como para la operación del sitio hasta el fin de su vida útil.

La operación del relleno sanitario puede darse en tres formas: a) método de área; b) método de trinchera y c) método combinado. Para realizar las acciones de rehabilitación del sitio, así como la operación posterior del mismo, es necesario emplear maquinaria pesada, cuyo tipo, potencia y número estarán en función de la cantidad de residuos que se moverá.

Se recomienda la elaboración de un manual de operación específico para cada sitio de disposición. En él se deberán incluir el método de operación, maquinaria y equipo, formas y frecuencia de control y supervisión, responsabilidad y descripción del personal, los acontecimientos extraordinarios, etc.



# 7

***PROCESO  
ADMINISTRATIVO DEL  
PROYECTO DE  
CLAUSURA***



## 7.1 Autorización del proyecto de clausura

### Entidades competentes

De acuerdo con las disposiciones legales nacionales, al Ministerio de Salud y a las municipalidades provinciales les corresponde asegurar que el proceso de clausura de un botadero se realice según lo dispuesto en la Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento.

Al respecto tanto en la Ley General de Residuos Sólidos (Artículos 7°, 9° y 10°), como en el Reglamento de la Ley (Artículos 6° y 8°) se señalan las competencias del sector salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (DIGESA), las Direcciones Regionales de Salud (DIRSA) y las Direcciones de Salud (DISA) en Lima y Callao, así como de las municipalidades provinciales y distritales.

En el Artículo 92° del Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos se señala lo siguiente:

*Artículo 92.- Recuperación y uso de áreas degradadas: Las áreas que han sido utilizadas como botaderos de residuos, deberán ser sanitaria y ambientalmente recuperadas en concordancia con el desarrollo y bienestar de la población, y con la prohibición dispuesta en el artículo 89 mediante un plan de recuperación. La formulación y ejecución de dicho plan es de responsabilidad de la municipalidad provincial correspondiente para lo cual contará con el apoyo de las municipalidades distritales y la Autoridad de Salud, sin perjuicio de que ésta repita posteriormente contra quien o quienes hayan hecho aprovechamiento del botadero. El citado plan será aprobado por la DIGESA, teniendo en cuenta los siguientes aspectos técnicos:*

1. Diseño e implementación del plan para la limpieza y remoción parcial o total de los residuos acumulados en el botadero, para atenuar o eliminar la contaminación;
2. Estabilización del suelo y confinamiento final de los residuos;
3. Asegurar que las características físicas, químicas y biológicas del área recuperada y de su entorno sean plenamente compatibles con los aspectos sanitarios y ambientales;
4. Programa de monitoreo ambiental que reportará el titular del terreno, entre cinco (05) a diez (10) años luego de la clausura del botadero;
5. Otras que se indiquen en la aprobación del plan de recuperación.

### Procedimiento administrativo

Para la clausura de un botadero se debe elaborar el proyecto técnico correspondiente, el que deberá ser aprobado por la municipalidad provincial de la jurisdicción, con la opinión favorable de la

entidad técnica del Ministerio de Salud (DIGESA, DIRSA o DISA) y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Cuando el proyecto considere la conversión del botadero a un relleno sanitario, se debe tener la autorización respectiva de funcionamiento para tal fin, expedida por la municipalidad provincial correspondiente.

## **7.2 Proyecto de clausura**

El proyecto deberá contener necesariamente lo siguiente:

- a) memoria descriptiva
- b) descripción del proceso de clausura y posclausura del botadero
- c) infraestructura, equipamiento y personal
- d) cronograma de ejecución
- e) costos y presupuestos
- f) anexos:
  - estudio geológico, hidrológico, meteorológico, hidrológico
  - memoria de cálculos
  - planos.
  - control de la ejecución de la clausura del botadero.

### **Memoria descriptiva**

La memoria descriptiva constituye el resumen general del proyecto y contendrá como mínimo los siguientes aspectos:

- concepción y justificación del proyecto
- ubicación y área del botadero
- proceso de clausura del botadero
- proceso de posclausura del botadero.

### ***Descripción del proceso de clausura y posclausura del botadero***

La descripción del proceso de clausura y posclausura del botadero constará de los detalles técnicos referentes a cómo se va a llevar a cabo lo siguiente:

*El plan de evaluación y categorización del botadero*, que deberá contar con la evaluación general del botadero y sus alrededores, los criterios de categorización del botadero y la categorización del mismo.

*El plan de clausura o conversión del botadero*, que deberá detallar el sustento de la clausura, la selección del sistema alternativo al botadero, la adecuación del terreno, el control de la fauna nociva, la

estabilización de taludes de los residuos sólidos compactados, el manejo de los residuos y la sobras complementarias (control de incendios, manejo de drenaje de agua superficial, manejo de lixiviados, biogás y olores).

*El plan de recuperación del área del botadero*, si se considera la conversión del botadero en un sistema de disposición final de emergencia y posteriormente en un relleno sanitario. En cuyo caso se deberá presentar un plan de conversión con el sustento de la conversión, la vida útil proyectada, la adecuación del terreno, el control de la fauna nociva, el manejo de los residuos expuestos, el plan operativo del sistema de disposición final de emergencia y el relleno sanitario, el tipo de cobertura final, los sistemas de control y monitoreo y el uso final del sitio.

*El plan de posclausura del botadero*, que deberá detallar el mantenimiento de la cobertura final, el monitoreo ambiental, el mantenimiento y operación de los sistemas de drenaje y las acciones correctivas.

### **Equipamiento y personal**

Se deberá detallar el tipo de maquinarias y equipo que se va a utilizar, así como el personal que participará en el proyecto.

### **Cronograma de ejecución**

El cronograma se presentará en un diagrama de barras que señale las actividades principales para la evaluación, clausura o conversión, restauración y posclausura del botadero, incluidas las fechas y los plazos previstos.

### **Costos y presupuestos**

Se presentarán los análisis de costos unitarios de las actividades de evaluación, clausura, recuperación y posclausura del botadero, incluidos la mano de obra, equipo y maquinaria pesada, herramientas, materiales, etc.

Se deberán presentar los siguientes presupuestos:

- Presupuesto de preinversión (estudios del proyecto, etc.)
- Presupuesto de inversión (costo del proceso de clausura y posclausura).

### **Anexos**

#### **Memoria de cálculos**

La memoria de cálculos constituye el sustento técnico de los diseños y deberá contener los datos, parámetros, fórmulas, hipótesis, así como los cálculos para la ejecución de todas las actividades en el proceso de clausura y posclausura del botadero.

#### **Planos**

El proyecto deberá contener los siguientes anexos:

- plano físico de ubicación del botadero (escala 1/5.000 o 1/10.000 y otra referencial a nivel provincial y departamental)
- plano de las características ecológicas de la zona
- planos geológicos e hidrogeológicos
- planos de los sistemas de control ambiental durante y después del proceso de clausura del botadero (control de lixiviados, biogás)
- representación gráfica del área con las obras concluidas (escala variable)
- fotos del botadero y su entorno
- otros (que se consideren importantes).

Los detalles que se incluyan en los planos podrán tener escalas variables.

#### **Control de la ejecución de la clausura de un botadero**

De ser aprobada la autorización de clausura de un botadero, la municipalidad provincial que da la autorización estará en facultad de ejercer el control y de verificar los trabajos durante el proceso de clausura del botadero.

# 8

## ***AUTOEVALUACIÓN***



El siguiente ejercicio de autoevaluación tiene la finalidad de conocer su grado de comprensión de la lectura de la presente Guía. El resultado permitirá orientar su aprendizaje en el tema de clausura o rehabilitación de botaderos.

A continuación encontrará 33 afirmaciones. Marque con una cruz (x) según considere si la afirmación es verdadera (sí) o falsa (no)

<b>N.º</b>	<b>Afirmación</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1.	Desde siempre la disposición final de residuos ha sido una preocupación de las personas encargadas de la limpieza.		
2.	La disposición inadecuada de residuos ocasiona impactos negativos en la salud humana y el ambiente.		
3.	Usualmente, cuando ocurren epidemias como el dengue, el retiro de los residuos no forma parte de las medidas paliativas.		
4.	Los rellenos sanitarios del Perú permiten una disposición adecuada para 87,5% de los residuos que se generan en el país.		
5.	Los botaderos y los rellenos sanitarios tienen similitud ya que ambos arrojan los residuos sólidos sobre el suelo.		
6.	Luego de evaluar y categorizar un botadero tenemos dos opciones: la clausura o la conversión del sitio.		
7.	La clausura de un botadero consiste en la suspensión temporal del lugar como sitio de disposición de residuos.		
8.	Los criterios a considerar para la evaluación de un botadero son los siguientes: características generales y geofísicas del sitio, impactos ambientales y aspectos socioeconómicos y de salud.		
9.	La evaluación de un botadero deberá ser realizada por un equipo de ingenieros sanitarios o civiles.		
10.	La metodología para la categorización de un botadero considera solo la evaluación de los impactos ambientales.		
11.	Un botadero es de alto riesgo si se encuentra en áreas inundables (sea por crecimiento o desborde de ríos, afloramiento de aguas subterráneas o inundación marina).		

N.º	Afirmación	Sí	No
12.	Un botadero no es de alto riesgo si está en áreas expuestas a procesos de dinámica hidromorfológica como huaycos, derrumbes, avalanchas y aluviones.		
13.	Si el sitio de disposición final está catalogado como relleno sanitario no hay necesidad de tomar acciones relacionadas con la clausura o conversión del botadero.		
14.	La clausura es un proceso integral y gradual que considera aspectos como la evaluación técnica y ambiental del área y sus alrededores.		
15.	Las acciones a implementar durante el proceso de clausura del botadero no necesariamente deben concordar con el uso final del suelo.		
16.	En la fase de clausura se realizará el movimiento, compactación y sellado de los residuos sólidos.		
17.	Los proyectos de saneamiento ambiental en la clausura deben considerar solo el control de incendios y el manejo del drenaje superficial.		
18.	Existen dos tipos básicos de monitoreo que son el periódico y el continuo, los que dependen del objetivo del programa de monitoreo y de las condiciones locales.		
19.	La rehabilitación de un sitio de disposición final tiene la finalidad de permitir la disposición de residuos sólidos bajo una operación y manejo controlados.		
20.	Los estudios de generación y composición de residuos incluyen los datos de generación per cápita, peso por volumen, composición de los residuos, así como las características físicas y químicas.		
21.	El análisis del biogás consiste en la caracterización del mismo para conocer su composición y el nivel de riesgo presente en el sitio.		
22.	Para la rehabilitación de un botadero se requiere conocer su vida útil a fin de justificar la inversión.		
23.	Después que se haya elaborado el proyecto definitivo de rehabilitación del relleno se inicia la búsqueda de un acuerdo con las autoridades competentes.		
24.	Las tecnologías para el movimiento, consolidación y compactación de residuos consisten solo en la aplicación del método de área.		
25.	Para limitar la infiltración de las aguas de lluvia se construyen drenes arriba del cuerpo del sitio rehabilitado con el propósito de captarlas y desviarlas.		
26.	En un proyecto de rehabilitación, el sistema de captación de lixiviados deberá instalarse inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización.		
27.	El control de biogás deberá considerarse solo en las situaciones siguientes: cuando existan viviendas y edificios en las áreas circundantes al sitio de disposición final y cuando los residuos depositados tengan un alto contenido de materia orgánica.		

N.º	Afirmación	Sí	No
28.	Existen tres formas de control del biogás en sitios clausurados: no control, control pasivo y control activo.		
29.	Para seleccionar el número de pozos de extracción se tiene que conocer la cantidad de residuos depositados, la profundidad promedio del sitio y el área del mismo.		
30.	El método de operación del relleno sanitario puede darse en tres formas: a) método de área; b) método de trinchera y c) método combinado.		
31.	Corresponde al Ministerio de Salud y a las municipalidades provinciales asegurar que el proceso de clausura de un botadero se realice según lo dispuesto en la presente norma.		
32.	El Consejo Nacional del Medioambiente (CONAM) se encarga de la clausura de los botaderos en el ámbito nacional.		
33.	En el plan de posclausura del botadero se debe detallar el mantenimiento de la cobertura final, el monitoreo ambiental, el mantenimiento y operación de los sistemas de drenaje y las acciones correctivas.		



# Definiciones

**Este glosario contiene definiciones expresamente elaboradas para mejorar el uso y la comprensión de esta Guía.**

**AEROBIO.** Proceso que se desarrolla en presencia de aire o de oxígeno libre.

**AGUA DE ESCORRENTÍA.** Agua que no penetra en el suelo o lo hace muy lentamente y corre sobre la superficie después de un período de lluvia.

**AGUA SUBTERRÁNEA.** Agua existente debajo de la superficie del terreno.

**ANAEROBIO.** Proceso que se desarrolla sin presencia de aire o de oxígeno libre.

**BASURA.** Término que corrientemente se emplea para definir a los residuos sólidos. En la legislación peruana se usa el término “residuo sólido”.

**BIOGÁS.** Mezcla de gases producidos por la descomposición anaerobia de los residuos orgánicos; contiene gas metano.

**BOTADERO.** Acumulación inadecuada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios y ambientales.

**BOTADERO CONTROLADO.** Lugar de disposición final de residuos sólidos que no cuenta con la infraestructura necesaria y suficiente para ser considerado como un relleno sanitario. Puede ser usado de manera temporal debido a una situación de emergencia. En el botadero controlado se darán las condiciones mínimas de operación para que los residuos no se encuentren a cielo abierto; esos residuos deberán ser compactados en capas para reducir su volumen y serán confinados periódicamente con material de cobertura.

**CELDA.** Conjunto de células en un relleno sanitario.

**CLAUSURA DE UN BOTADERO.** Suspensión definitiva de la disposición final de los residuos sólidos en un botadero. Conlleva a un proceso gradual de saneamiento, restauración ambiental del área alterada debido a la presencia del botadero y actividades que se deben realizar después de la clausura (posclausura).

**COBERTURA.** Capa de tierra u otro material inerte con la que se cubren las sucesivas capas de residuos que se van formando durante el crecimiento del relleno sanitario para evitar su exposición a la intemperie.

**COMPACTACIÓN.** Reducción del volumen de los residuos con aumento de su densidad por medios manuales o mecánicos en las unidades de recolección o en los rellenos sanitarios.

**CONVERSIÓN DE UN BOTADERO.** Proceso de transformación de un botadero a un sistema de disposición final técnico, sanitario y ambientalmente adecuado, el cual puede ser un botadero controlado o un relleno sanitario.

**DISPOSICIÓN FINAL.** Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. Constituye la última actividad del sistema de limpieza pública.

**EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE RESIDUOS SÓLIDOS.** Persona jurídica que presta servicios de residuos sólidos en una o varias de las siguientes actividades: limpieza de vías y espacios públicos, recolección y transporte, transferencia, tratamiento, comercialización y disposición final de residuos sólidos.

**ESCORRENTÍA.** Agua que discurre sobre la superficie del terreno.

**GENERADOR.** Persona natural o jurídica que genera residuos sólidos, sea como productor, importador, distribuidor, comerciante o usuario. También se considerará como generador al poseedor de residuos sólidos peligrosos cuando no se pueda identificar al generador real y a los gobiernos municipales a partir de las actividades de recolección.

**GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.** Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de residuos sólidos en el ámbito nacional, regional y local.

**IMPACTO AMBIENTAL.** En el más amplio sentido, el impacto ambiental es causado por la presencia de un proyecto que puede provocar tanto efectos positivos como negativos. En este contexto, el concepto ambiente incluye el conjunto de factores físicos, sociales, culturales y estéticos relacionados con el individuo y la comunidad.

**LIXIVIADO.** Es el líquido que percola a través de los residuos sólidos y que acarrea materiales disueltos o suspendidos. La infiltración de agua de lluvia es el principal generador de lixiviados en los rellenos sanitarios y en los botaderos. Otros contribuyentes son el contenido de humedad propia de los residuos sólidos y el agua de escorrentía que entra en contacto con los residuos sólidos.

**MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.** Toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que involucre manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o cualquier otro procedimiento técnico utilizado desde la generación hasta la disposición final.

**MONITOREO.** Seguimiento y observación constante de una cualidad o característica ambiental dada mediante la toma de datos e información.

**OPERADOR.** Persona que realiza cualquiera de las operaciones o procesos que componen el manejo de los residuos sólidos y puede ser o no el generador de los mismos.

**PERMEABILIDAD.** Mayor o menor facilidad de infiltración de un líquido a través de un medio poroso. Se expresa en unidades de longitud/tiempo (metrosegundo).

**PROCESAMIENTO DE LOS RESIDUOS.** Conjunto de actividades destinadas a reducir el volumen de los residuos para su conversión o adecuada disposición final.

**QUEMA A CIELO ABIERTO.** Combustión incontrolada e incompleta de los residuos sólidos a la intemperie, que produce contaminación del aire por emisiones de gases y partículas.

**REAPROVECHAMIENTO.** Volver a obtener un beneficio del residuo sólido. El reciclaje y la recuperación o reutilización son técnicas de reaprovechamiento.

**RECICLAJE.** Toda actividad que permita reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines.

**RECUPERACIÓN.** Toda actividad que permita reaprovechar partes o componentes del residuo sólido.

**RECUPERACIÓN DEL ÁREA DE UN BOTADERO.** Acción de recuperar o recobrar el área de un botadero para un uso determinado. Es la etapa final del proceso de clausura, en la cual se establece el uso final del área en que se ubicó el botadero, luego de realizar los trabajos de restauración y saneamiento.

**RELLENO DE SEGURIDAD.** Relleno sanitario destinado a la disposición final adecuada de los residuos industriales y peligrosos.

**RELLENO SANITARIO.** Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, de acuerdo con principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.

**RELLENO SANITARIO MANUAL:** Es aquel que sigue las técnicas de un relleno sanitario para procesar pequeños volúmenes de residuos sólidos; no requiere maquinaria pesada salvo en las etapas de adecuación, construcción y excavación de zanjas y transporte de material de cobertura de acuerdo con el avance del mismo.

**RESIDUO SÓLIDO.** Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido desechados por su generador en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o por los riesgos que causan a la salud y el ambiente. Se manejan a través de un sistema que incluye las siguientes operaciones: minimización, segregación, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final.

**RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.** Residuos sólidos o semisólidos provenientes de las actividades urbanas en general. Pueden tener origen residencial o doméstico, comercial, institucional, del barrido y limpieza de calles, mercados, áreas públicas y otros. Su gestión es responsabilidad de la municipalidad o de otra autoridad del gobierno.

**RESIDUOS PELIGROSOS.** Residuos que por sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad son capaces de causar daños a la salud humana o al ambiente, por lo que requieren un manejo especial.

**RESTAURACIÓN DEL ÁREA DE UN BOTADERO.** Acción de restaurar, recuperar, recobrar, renovar, restablecer o componer el área que ocupa un botadero.

**RESTITUCIÓN DEL ÁREA DE UN BOTADERO.** Recuperar el área ocupada por un botadero a la misma condición que tenía originalmente.

**REUTILIZACIÓN.** Toda actividad que permita reaprovechar directamente el residuo sólido con el objeto de que cumpla el mismo fin para el que fue elaborado originalmente.

**RIESGO AMBIENTAL.** Probabilidad de ocurrencia de un daño ambiental con consecuencias indeseables para la salud, las actividades humanas y el ambiente.

**SANEAMIENTO AMBIENTAL EN RELACIÓN CON LOS RESIDUOS SÓLIDOS.** Método que utiliza principios de ingeniería para la conformación, compactación y sellado de los residuos sólidos, así como para la construcción de sistemas de control necesarios para minimizar los impactos al ambiente y a la salud de la población durante la estabilización de los residuos sólidos.

**SEGREGACIÓN.** Acción de agrupar determinados componentes o elementos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

**SEGREGADORES.** Personas dedicadas a la segregación de residuos sólidos que tienen un valor comercial.

**SITIO.** Lugar donde se ubica un relleno sanitario, un botadero en actividad, un botadero recuperado u otras instalaciones relacionadas con el tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos.

**TRATAMIENTO.** Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y al ambiente.

**VECTORES.** Organismos que transportan de un lugar a otro un parásito o elemento patógeno capaz de transmitir enfermedades (moscas, mosquitos, pulgas, roedores y otros animales).

**VERTEDERO.** Término con el cual se conoce también a los botaderos.

**VIDA ÚTIL.** Periodo estimado de operación del relleno sanitario.

## Referencias

Collazos Peñaloza, Héctor. *Saneamiento de botaderos de basura*. Santa Fe de Bogotá D.C., 1998.

Compromiso Integral para el Reciclaje. *Manual de gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Montevideo, CEMPRE, 1998.

Consejo Nacional del Ambiente. *Guía metodológica para la formulación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos - PIGARS*. Lima, CONAM, 2001.

Hernández Barrios, Claudia P.; Wehenpohl, Gunther. *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*. México, D.F., Secretaria de Ecología, 2000.

Instituto de Investigación y Capacitación Municipal; Asociación Civil Propuesta Verde; GAIA Medio Ambiente y Desarrollo S.A.C.; Programa APGEP-SENREM. *Hacia una política nacional de clausura de botaderos*. Convenio USAID-CONAM. Lima, INICAM, 2002.

OPS. *Guía metodológica para la preparación de planes directores del manejo de los residuos sólidos municipales en ciudades medianas*. Washington, OPS, División de Salud y Ambiente, 2002.

Perú. Leyes, decretos, etc. *Ley General de Residuos Sólidos* No. 27314 del 20 de julio del 2000. Lima, 2002.

Rushbrook, Philip; Pugh, Michael. *Solid waste landfills in middle-and lower-income countries: a technical guide to planning, Design, and operation*. Copenhagen, OMS, 1998.



# ANEXO 1

## FICHA DE EVALUACIÓN DE BOTADEROS

### 1 RESPONSABLE DE LA EVALUACIÓN

1.1 Nombre	1.3 Especialidad
1.2 Profesión	
1.4 Institución	
1.5 Otros participantes	

1.6 FICHA  
No:

--

1.7 FECHA

--

### 2 INFORMACIÓN GENERAL

#### 2.1 DENOMINACIÓN

--

#### 2.2 UBICACIÓN

2.2.1 Ciudad/Loc.					
2.2.2 Departamento					
2.2.3 Provincia					
2.2.4 Distrito					
2.2.5 Distancia al poblado más cercano					
2.3 ÁREA OCUPADA					
2.4 SITUAC. ACTUAL					
2.5 VOLUMEN R.S.	<table border="1"> <tr> <th>Total Acumulado</th> <th>Diario (que recibe)</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Total Acumulado	Diario (que recibe)		
Total Acumulado	Diario (que recibe)				
2.6 DIST. A ZONA DE GENERACIÓN R.S.					

#### 2.7 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

--

#### 2.8 PRINCIPALES USUARIOS

1)	%
2)	%
3)	%
4)	%
5)	%

#### 2.9 ACCESIBILIDAD

2.9.1 Vía acceso:	2.9.2 Distancia:
2.9.3 Material vial:	2.9.4 Estado c.

#### 2.10 PROPIETARIO DEL TERRENO OCUPADO

Inscripción en Registros Públicos:
------------------------------------

#### 2.11 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

2.11.1 Red de agua	
2.11.2 Red de desagüe	
2.11.3 Red de energía	

#### 2.12 VIDA ÚTIL Y USO POTENCIAL

2.12.1 FECHA DE INICIO BOTADERO:
2.12.2 TIEMPO DE VIDA BOTADERO
2.12.3 USO POTENCIAL DEL ÁREA OCUPADA

#### 2.13 CONDICIONES DE OPERACIÓN

2.13.1 Autorización	2.13.2 Otros documentos
2.13.3 Operador	2.13.4 Personal
2.13.5 Tipo operación	2.13.6 Cant. equipo
2.13.7 Tipo transporte	2.13.8 Nro. camiones

### 3 CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DE LA ZONA DEL BOTADERO

#### 3.1 TOPOGRAFÍA

--

#### 3.2 GEOLOGÍA

3.2.1 Tipo de suelo y permeabilidad

#### 3.3 CLIMATOLOGÍA

Indicador	Enero/ marzo	Abril/ junio	Jul/ set.	Oct./ nov.
3.3.1 Temp. máxima	°C	°C	°C	°C
3.3.2 Temp. mínima	°C	°C	°C	°C
3.3.3 Precipitación	mm	mm	mm	mm
3.3.4 Viento predominante				

#### 3.6 UBICACIÓN:

--

#### 3.4 HIDROLOGÍA

3.4.1 Distancia a cuerpo(s) de agua  
3.4.2 Profundidad de la napa freática  
3.4.3 Distancia a Acuífero ó toma de agua

#### 3.5

#### VULNERABILIDAD

3.5.1 Zona sísmica, de fallas, agrietamiento  
3.5.2 Zona de huaycos, derrumbes, avalanchas, aluviones  
3.5.3 Zona Inundable

#### 3.6 USOS DE SUELO

Norte		Este	
Sur		Oeste	

### 4 IMPACTO AMBIENTAL

#### 4.1 TIPO Y PROCEDENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

4.1.1 Orgánicos		%
4.1.2 Papel/cartón		%
4.1.3 Plástico		%
4.1.4 Vidrio		%
4.1.5 Hospitalarios		%
4.1.6 Industrial		%

#### 4.2 PRESENCIA DE VECTORES

4.2.1 Perros
4.2.2 Roedores
4.2.3 Aves
4.2.4 Mosquitos
4.2.5 Otros

#### 4.3 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

4.3.1 Polvo	
4.3.2 Gases	
4.3.3 Humo	
4.3.4 Olor	
4.3.5 Ruido	

#### 4.6 IMPACTOS BIÓTICOS

4.6.1 Fauna	
4.6.2 Flora	
4.6.3 Especies endémicas impactadas.	

#### 4.7 OTROS IMPACTOS

4.7.1 Patrimonio cultural o natural	
4.7.2 Paisaje	
4.7.3 Turísticos	
4.7.4 Afectación de otras actividades	

#### 5. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y DE SALUD

5.1 SEGREGACIÓN	Empadronados	No empadronados	Condiciones laborales	Asistencia social recibida
Hombres				
Mujeres				
Niños				
5.2 CRIANZA DE ANIMALES	Autoconsumo	Cantidad de animales	Para comercializar	Cantidad de animales
Cerdos				
Aves				
Otros				
5.3 SALUD PÚBLICA- Enfermedades	Hombres	Mujeres	Niños	Observaciones:
I.D.A.				
I.R.A.				
T.B.C.				
Desnutrición				
Otras				
5.4 VIVIENDAS	Número	Familias	Personas	Observaciones:

FOTOGRAFÍA  
DEL BOTADERO





# **CARTILLA DE INSTRUCCIÓN PARA LA FICHA DE EVALUACIÓN DE BOTADEROS**

## **0. GENERALIDADES**

La presente cartilla establece los criterios que deben tenerse en cuenta en el llenado de la ficha de evaluación de botaderos a fin de obtener información en la forma y calidad requeridas.

## **1. RESPONSABLE DE LA EVALUACIÓN**

Permite conocer la identidad del autor de la evaluación. Debe consignarse si la evaluación se realizó en forma individual, en representación o encargo de una institución. Se debe indicar:

- 1.1 Nombres y apellidos paterno y materno
- 1.2 Profesión u ocupación
- 1.3 Especialidad relacionada con la disposición de residuos sólidos o el cargo que desempeña en la institución que efectúa la evaluación
- 1.4 Institución y dependencia que ejecutó la evaluación
- 1.5 Nombre de los profesionales y técnicos que intervienen en la evaluación
- 1.6 Número de la ficha para el control
- 1.7 Fecha de la evaluación

## **2. INFORMACIÓN GENERAL**

Consignar la información correspondiente al lugar de disposición inadecuada de residuos sólidos, ya sea este autorizado o clandestino.

- 2.1 Nombre con el que se conoce al botadero en la localidad.
- 2.2 Se debe consignar la localidad, distrito, provincia y departamento en donde se ubica el botadero, así como la distancia al poblado más cercano.
- 2.3 El área ocupada por el botadero en la actualidad y el área que puede ser utilizada por el botadero en su expansión futura.

- 2.4 Condición de activo (si es que recibe residuos) o inactivo (ya no recibe residuos), si su actividad es temporal o permanente y si tiene autorización o es clandestino.
- 2.5 Cantidad en toneladas métricas (TM) de residuos sólidos que se calcula que se encuentra depositada y que recibe diariamente.
- 2.6 Distancia promedio del botadero al lugar de generación de los residuos; puede ser en función de la zona de mayor generación.
- 2.7 Croquis en el que se expresará en forma esquemática y sin escala la ubicación del botadero (con la referencia del norte geográfico), accesibilidad y área que ocupa en función de la zona urbana usuaria. Se deben incluir los asentamientos humanos, ríos, zonas de expansión urbana, industrial y otros.
- 2.8 Consignar las zonas, localidades o distritos que depositan sus residuos sólidos. Se debe estimar el porcentaje correspondiente a cada usuario de acuerdo con un criterio poblacional.
- 2.9 Consignar las vías de acceso utilizadas para el transporte de los residuos al botadero (no las rutas de recolección). Debe indicarse el nombre de la vía, si es asfaltada o afirmada, estado de conservación y distancia por tramos al centro urbano.
- 2.10 Se indicará si el terreno ocupado por el botadero es de propiedad estatal, municipal, comunitaria, privada o desconocida. Consignar información acerca de su inscripción en los registros públicos de la localidad.
- 2.11 Se indicará si la zona cuenta con redes o factibilidad de servicios públicos en el futuro. Indicar los puntos más cercanos al botadero.
- 2.12 Se consignará información sobre la vida útil y uso potencial del sitio del botadero.
  - 2.12.1 Indicar desde cuándo se utiliza el botadero.
  - 2.12.2 Estimar por cuánto tiempo podría seguir funcionando el botadero.
  - 2.12.3 Se refiere a que uso le podría corresponder si no existiera el botadero, expansión urbana, industrial, uso agrícola u otro.
- 2.13 Se refiere a la información sobre el funcionamiento del botadero y del relleno –si lo tuviese– provista por la institución encargada de la operación. En lo posible se deberá consignar la información oficial de los tres últimos años.
  - 2.13.1 Indicar si el botadero cuenta con la autorización de funcionamiento otorgado por la municipalidad, DIGESA u otro.
  - 2.13.2 Tipo de documento que autoriza el funcionamiento del botadero.
  - 2.13.3 Señalar si el operador del botadero es la municipalidad o una entidad privada.
  - 2.13.4 Indicar el número de personal remunerado por el operador que labora en el botadero. No consignar en este rubro a los segregadores, recicladores y otros.
  - 2.13.5 Indicar si el tipo de operación es manual o mecanizado.
  - 2.13.6 Al 2.12.8 En caso de ser mecanizado, indicar el tipo y número de máquinas empleadas en la operación del botadero o relleno.

### **3. CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DE LA ZONA DEL BOTADERO**

Información técnica de las características geofísicas de la zona del botadero. Si existe un documento técnico al respecto incluya la referencia bibliográfica o fuente de datos.

- 3.1 Determinar las características determinantes de la topografía.
- 3.2 Consignar si el suelo es arcilloso, arenoso, de grava, agrícola, etc. para determinar su coeficiente de permeabilidad y la posibilidad de contaminación por lixiviación, erosión, arrastre, etc.
- 3.3 Indicar las características climáticas que normalmente se dan en las diferentes estaciones. En el caso de viento predominante, consignar tanto la velocidad como la dirección.
- 3.4 Consignar el nombre del cuerpo de agua más cercano al botadero (puede ser un río, océano, lago, laguna). En el caso de ríos indicar el caudal, y temporalidad. Indicar la profundidad de la napa freática y si existen acuíferos o fuentes de agua que puedan ser afectados por el botadero.
- 3.5 Indicar las características de vulnerabilidad de la zona del botadero, si es zona de fallas, sísmica o de derrumbes, huaycos, aluviones, etc.
- 3.6 Indicar las propiedades y usos predominantes de los suelos que colindan con el botadero.
- 3.7 En el croquis de ubicación se consignarán las características topográficas del área del botadero mediante curvas de nivel u otros medios que permitan apreciar la zona, indicar si tiene cerco perimétrico, vías de acceso y su orientación.

#### **4. IMPACTO AMBIENTAL**

Se consignará información correspondiente a los impactos negativos que el botadero produzca en la zona de su influencia:

- 4.1 Se tipificarán los residuos sólidos que llegan al botadero y, de ser posible, se cuantificará el porcentaje de los de mayor volumen.
- 4.2 Se indicará la presencia de posibles vectores de enfermedades y otros daños a la comunidad.
- 4.3 Al 4.7 Se consigna la información requerida y su causa.

#### **5. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y DE SALUD**

Información sobre los aspectos socioeconómicos y de salud relacionados con la existencia del botadero, como son la presencia de segregadores, la crianza de animales para consumo, viviendas en los alrededores del botadero y enfermedades vinculadas directa o indirectamente al mismo.

La información puede ser producto de una simple apreciación *in situ* de la problemática en la fecha de la evaluación, apoyada con referencias verbales o estudios realizados por las instituciones encargadas de su operación, control y gestión.