



**UNIVERSIDAD
DE
SOTAVENTO A.C.**



ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“PROYECTO DE UNA PLANTA DE RECOLECCION Y RECICLADO
DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE
COATZACOALCOS”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL

PRESENTA:

VIRGINIA ARIAS MARQUEZ

ASESOR DE TESIS:

ING. JUAN ANTONIO HAAZ ORTIZ

COATZACOALCOS, VERACRUZ. MAYO, 2007.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I. AGRADECIMIENTOS

Dios gracias por darme fortaleza en los momentos difíciles.

Madre tu devoción, entrega y amor me formaron, me dieron la seguridad y los valores adecuados para enfrentar la vida.

Padre aunque ya no estas conmigo siempre serás un ejemplo a seguir.

Tía Clara por considerarme y quererme como una hija.

Tía Rosario y tío Benjamín por los ratos de diversión y apoyo que me ofrecieron.

A mis primas Ivonne, Alejandra y Gabriela por ser mis hermanas y un aliciente en mi vida.

Al Dr. Juan Manuel Rodríguez García por darme la oportunidad de continuar mis estudios, Sra. Rosa Aurora Caamaño y a sus hijos, Lic. Juan Manuel, C.P. Rosa Aurora y Srta. Ilenia gracias por su apoyo.

Al Ingeniero Juan Antonio Haaz Ortiz mi asesor de tesis y maestro por su apoyo, su tiempo y consejos.

A mis tíos Víctor, Miguel, Adolfo, Julio, Enrique, Franck, Amulfo y a mi tía Romana.

A mis primos Benjamín, Berenice, Tony, Maritza, Víctor y Zury.

I. HIPOTESIS

“EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DISMINUIRA LA CONTAMINACION AMBIENTAL, GENERADA POR ELLOS, EN LA CIUDAD DE COATZACOALCOS, VERACRUZ”

III. OBJETIVO GENERAL

Promover en la Comunidad una cultura de limpieza y separación de basura, a través de acciones económicamente factibles y socialmente responsables, logrando impactar en el reuso, la disminución de desechos y la preservación del medio ambiente. Para ello se requiere encontrar soluciones conceptual y técnicamente adaptadas a nuestro municipio, como el proyecto de planta de recolección de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Coatzacoalcos, que las regulaciones y los procesos de toma de decisión se vuelvan más transparentes, que las disposiciones y términos legales se ajusten a las necesidades y que se sensibilice a la población para que se comporte con mayor conciencia ambiental.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Aumentar la cifra de materiales reciclados mediante el involucramiento y el compromiso de toda la Comunidad.
- ❖ Mejorar el aprovechamiento de los recursos evitando desperdicios
- ❖ Reducir, reusar y reciclar los recursos evitando desperdicios, y por lo tanto ahorrando recursos económicos a todos los involucrados.
- ❖ Contribuir a la mejora de la calidad ambiental realizando el reciclado de desechos.

- ❖ Difusión de la cultura del reciclaje a través de la separación de desperdicios aprovechables, y sobre temas relacionados con el medio ambiente, a todos los miembros de la Comunidad, impactando en la formación integral de la persona.
- ❖ Llevar a cabo investigación y evaluación de tecnologías ambientales.
- ❖ Reducir la cantidad y la peligrosidad de los residuos
- ❖ Promocionar la recuperación y el reciclaje de materiales y programar la recolección y el tratamiento de los que no se puede reciclar.
- ❖ Erradicar basurales

IV. MARCO CONCEPTUAL Y/O REFERENCIAL

Aunque los residuos sólidos han sido siempre un problema sanitario en las sociedades urbanas, nunca se había reglamentado en México hasta 1981, año en que encontramos en la legislación mexicana algunas referencias a su manejo, en particular en el código sanitario de ese año. En ese año se estableció la necesidad de un manejo adecuado de los residuos sólidos, desde el punto de vista de la contaminación de los suelos (*Ley federal de Prevención y Control de Contaminación*, Arts. 23 al 28)¹.

La aplicación de esta ley quedaba bajo la responsabilidad de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, mediante la Subsecretaria de Mejoramiento del Medio Ambiente.

Esas funciones fueron absorbidas posteriormente por la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), que se transformo en 1992 en la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL); esta responsabilidad recayó en el Instituto Nacional de Ecología (INE).

Actualmente, esta responsabilidad la tiene la Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), también por medio del INE.

¹ AGUILAR Rivero Margot, Reciclamiento de Basura, Editorial Trillas, México, 1999, 37 – 45 pp.

LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE

La Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología modifico la *Ley Federal de Prevención y Control de Contaminación* dando lugar a la *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente*, la cual entro en vigor el 1 de marzo de 1988.

En el artículo 6º. Fracciones XII y XIII de esta ley, se le otorgan a las autoridades estatales y/o municipales las siguientes funciones:

- a) La prevención y restauración del equilibrio ecológico de los centros de población, en relación con los efectos derivados de los servicios municipales, específicamente el de limpia (fracción XII).

- b) La regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos (fracción XIII).

El artículo 137 señala que el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, queda sujeto a la autorización de los gobiernos de los estados o de los municipios y, mientras estos no dicten las leyes y reglamentos locales, corresponderá a la Federación aplicar esta ley en el ámbito local.

El artículo 138 de esta misma ley plantea que se promoverán acuerdos de coordinación y asesoría entre la secretaria con los gobiernos estatales y municipales para:

- a) “La implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales”.
- b) “La identificación de alternativas de reutilización y disposición final de residuos sólidos municipales, incluyendo la elaboración de inventarios de los mismos y sus fuentes generadoras.”

Esta ley resalta, por un lado, el hecho de que no queda bajo la responsabilidad exclusiva de los gobiernos locales la recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, dejando abierta la posibilidad de que alguna de estas actividades pueda ser realizada por diferentes sectores sociales, pero siempre bajo la regulación de las autoridades estatales y municipales.

Por otra parte, permite la identificación de otras opciones de reutilización y su instrumentación, dejando sentadas las bases para eventuales políticas específicas de reciclamiento.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO (1995 – 2000)

El actual Plan Nacional de Desarrollo menciona brevemente la problemática de los residuos sólidos en la Agenda del Desarrollo Urbano, considerado este último en la política de desarrollo social.

Se parte de reconocer los problemas de morbilidad entre la población por la imposibilidad de contar con un tratamiento satisfactorio de aguas residuales y residuos sólidos. En este contexto, el plan plantea dos objetivos para el periodo 1995 – 2000.

En primer lugar, propiciar el ordenamiento territorial de las actividades económicas y de la población conforme a las potencialidades de las ciudades que todavía ofrecen condiciones propicias para ellos, y en segundo lugar inducir el crecimiento de las ciudades en forma ordenada de acuerdo con las normas vigentes de desarrollo urbano y bajo principios sustentados en el equilibrio ambiental de los centros de población.

PROGRAMA NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE (1995 – 2000)

Por su parte este programa aborda en el capítulo 3, llamado “Líneas de diagnóstico”, la problemática de los residuos sólidos, en donde se reconoce que la insuficiencia en el manejo de los mismo debido al desconocimiento que existe sobre el fenómeno tanto en términos factuales como conceptuales. Entre los cuellos de botella para diseñar un programa se encuentra lo referente a la generación, las elasticidades de oferta y demanda por servicios de manejo, los costos ambientales, operativos y de inversión y la dinámica de las conductas sociales con respecto al problema en zonas y estratos socioeconómicos diversos.

También se reconoce que existe un nivel de entendimiento insuficiente por parte de diversos medios oficiales y privados frente a esta problemática, lo que dificulta un programa económico para la basura y para generar los consensos necesarios.

Sin embargo, a pesar del reconocimiento de una situación problemática asociada a los desperdicios (en cuanto a su generación, manejo y disposición final) por parte de la autoridad, la única estrategia que se plantea para enfrentarla es incorporarla al sistema de normas oficiales, normas voluntarias o la certificación de productos y procesos. También propone incorporarla a los instrumentos económicos para la internalización de costos en los procesos productivos.

Si bien esto significa un avance, resulta insuficiente debido a que no se está enfrentando el problema desde su origen, ni adoptando un enfoque preventivo porque, como ya mencionamos, este tiene que ver principalmente con estilos de producción y consumo y con una filosofía basada en el principio de “quien contamina paga”. Esto hace que solamente las empresas con procesos productivos capaces de asumir los costos y transferirlos al consumidor lo seguirán haciendo, mientras que las que tienen problemas económicos no podrán absorber estos costos.

De esta manera se mantienen las formas insustentables de producción y con este enfoque se siguen haciendo a un lado al sector social, por lo que se requiere ampliar los marcos de acción para la sociedad organizada.

LAS LEYES ESTATALES

A partir de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente, se han promulgado diferentes leyes estatales.

Al ser formuladas cada una de ellas, de acuerdo con la soberanía que otorga la Federación a los estados de la República Mexicana, existen diferentes enfoques en lo que se refiere a los residuos sólidos no peligrosos.

EL PROGRAMA 21 DE LA CNUMAD

Los representantes de los gobiernos que participaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), en Río de Janeiro en junio de 1992, aprobaron el documento Programa 21, el cual, si bien no es de carácter jurídico, si es un conjunto de recomendaciones para alcanzar el desarrollo sustentable que se planteo como el objetivo común para este fin de milenio por parte de las naciones integrantes de la ONU.

En el capítulo 21 del Programa 21 se plantea que el manejo ambientalmente adecuado de los desperdicios debe ir mas allá de la mera disposición segura, o la recuperación de los desperdicios que se generan, enfrentando las causas del problema y encontrando las formas para cambiar los actuales patrones insustentables de producción y consumo. Esto implica la aplicación del concepto de anejo integrado de los ciclos vitales, el cual se presenta como la única oportunidad para reconciliar el desarrollo con la protección ambiental.

Con este marco de referencia se proponen cuatro programas estratégicos para el manejo ambientalmente adecuado de los desperdicios, que son:

- a. La reducción al mínimo de los desechos
- b. Máxima reutilización y reciclado ambientalmente adecuado de los desechos
- c. La promoción de la eliminación y tratamiento ecológicamente racional de ellos.

d. La ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los mismos.

INDICE GENERAL

CONTENIDO

PAGINA

I AGRADECIMIENTOS

II HIPOTESIS

III OBJETIVO GENERAL

IV MARCO CONCEPTUAL Y/O REFERENCIAL

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2. INTRODUCCION

3. GENERALIDADES

3.1 RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

13.2 DESECHOS SÓLIDOS RECICLABLES

4. EVOLUCION DE LA GESTION DE RESIDUOS SÓLIDOS

5. ORIGENES, COMPOSICION Y PROPIEDADES DE LOS

RESIDUOS SÓLIDOS

5.1 ORIGENES, TIPOS Y COMPOSICION

5.2 PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y BIOLOGICAS

5.3 ORIGENES, TIPOS Y PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

40 ENCONTRADOS EN LOS RSU

6. ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN SISTEMA DE GESTION DE RSU

6.1 GENERACION DE RSU

6.2 MANIPULACION, ALMACENAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE RESIDUOS

EN EL ORIGEN

6.2.1 Manipulación y separación de residuos sólidos en origen

6.2.2 Manipulación y separación de residuos en viviendas residenciales

6.2.3 Almacenamiento de residuos sólidos en origen

6.2.4 Procesamiento de residuos sólidos en viviendas residenciales

6.3 RECOLECCION

6.3.1 Análisis de sistemas de recolección

6.4 SEPARACION, PROCESAMIENTO Y TRANSFORMACION

6.5 TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE

6.6 INSTALACIONES PARA LA RECUPERACIÓN DE MATERIALES

6.7 EVACUACION

7. RECICLAJE

7.1 PAPEL

7.2 CARTON

7.3 ENVASES DE ALUMINIO

7.4 VIDRIO

7.5 PLASTICOS

7.6 PILAS

8. RELLENO SANITARIO

8.1 EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO

8.2 DIAGNOSTICO DEL SERVICIO DE DISPOSICION FINAL

8.3 CONDICIONES RELEVANTES PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO

8.3.1 Estudio geotécnico

8.3.4 Estudio demográfico

8.3.5 Análisis de residuos sólidos

8.3.6 Evaluación de parámetros

8.3.7 Estudios de dotación de servicios.

8.4 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

8.5 COSTOS Y PRESUPUESTO

8.6 PLANES DE CLAUSURA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 5.1 Fuentes de RSU

Tabla 5.2 Indicadores promedio de la caracterización de residuos sólidos municipales a nivel internacional.

Tabla 5.3 Tipos de residuos peligrosos no industriales

Tabla 6.1 Operaciones e instalaciones típicas utilizadas para el procesamiento de residuos sólidos en el punto de generación.

Tabla 7.1 Pilas domesticas comunes: tipos, componentes, tamaños y usos.

- Tabla 8.1 Características de los niveles de categorización para rellenos sanitarios.
- Tabla 8.2 Fuentes de información para la elaboración del diagnóstico del servicio de disposición final.
- Tabla 8.3 Fuentes de información para la elaboración del diagnóstico del servicio de disposición final.
- Tabla 8.4 Estudios para la selección de sitios de disposición final según clasificación.
- Tabla 8.5 Parámetros requeridos para la caracterización de aguas subterráneas y superficiales
- Tabla 8.6 Pruebas geotécnicas al suelo del relleno sanitario
- Tabla 8.7 Estudios y análisis previos por tipo de relleno sanitario
- Tabla 8.8 Contenido de la ingeniería básica para los diferentes tipos de rellenos sanitarios.
- Tabla 8.9 Formas de control de biogás en sitios de disposición final
- Tabla. 8.10 Principales estructuras consideradas como complementarias de un relleno sanitario tipo.
- Tabla 8.11 Prácticas para la selección adecuada del equipo mecánico
- Tabla.8.12 Recomendaciones para la cobertura de celda diaria.
- Tabla 8.13 Programa de inversiones de obra civil e infraestructura por etapas para el Relleno
- Tabla 8.14 Estimación de costos de inversión en equipamiento

para el relleno sanitario.

Tabla 8.15 Sueldos y salarios del personal.

Tabla 8.16 Pagos de servicios e insumos

Tabla 8.17 Combustibles, lubricantes y llantas

Tabla 8.19 Elementos típicos de un plan de clausura de vertedero

Tabla 8.20 Instalaciones de supervisión ambiental instaladas durante

la construcción y explotación del vertedero y utilizadas
después de la clausura.

INDICE DE FIGURAS

Pagina

Figura 6.1 Elementos funcionales de un sistema de gestión de RSU

Figura 6.2 Sistema típico de transporte de residuos neumático
subterráneo para bloques de viviendas elevados.

Figura 8.1 Actividades para elaborar los estudios de generación
y caracterización de residuos sólidos urbanos

Figura 8.2 Diagrama de flujo para clasificar rellenos sanitarios

Figura 8.3 Esquema de los componentes del balance de agua
para un relleno sanitario.

Figura 8.4 Esquemas para los sistemas de impermeabilización
en la base del relleno sanitario

Figura 8.5 Sistema con pozo para venteo de biogás.

Figura 8.6. Respiradero de gas con quemador simple

Figura 8.7 Sistema de colección de gases.

Figura 8.8. Sistemas simples de captación de biogás

Figura 8.9 Pozo con estructura de malla

Figura 8.10 Diagrama de personal del relleno

INDICE DE ANEXOS

Página

ANEXO A Vista en sección de un vertedero sanitario controlado

ANEXO B Esquema de operaciones y procesos en vertederos

ANEXO C Desarrollo y clausura de un vertedero de rsu

ANEXO D Métodos de vertido comúnmente utilizados

ANEXO E Instalaciones pasivas utilizadas para controlar el gas del
vertedero

ANEXO F Plano de las instalaciones recogidas del gas en el vertedero de
puente hills

ANEXO G Perfil del vertedero de puente hills mostrando las zanjas horizontales
recolectoras de gas

ANEXO H Sistemas con terrazas inclinadas para la recogida de lixiviados

ANEXO I Sistema típico para la recogida de lixiviados utilizando una tubería
múltiple

ANEXO J Sistema utilizado para separar el líquido de los vertederos

ANEXO K Ejemplos de instalaciones para la recogida de lixiviados

ANEXO L Normatividad vigente en materia de residuos sólidos y peligrosos

CAPITULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde hace dos décadas se percibe una mayor preocupación de la sociedad por la protección ambiental, ya que años atrás se consideraba al ambiente como un recurso inacabable y por lo tanto carente de valor. Como consecuencia de ello, la protección ambiental estuvo considerada por un largo tiempo, como un costo neto y no como una inversión en salud y calidad de vida. El concepto de gestión implica consideraciones que hacen a las causas de esta situación y a las posibles soluciones. La falta de preocupación en el manejo de los residuos genero tres problemas fundamentales:

- Falta de educación de la sociedad (productores, comerciantes y consumidores), respecto al cuidado de su propio medio.
- Falta de legislación apropiada, que establezca criterios de manejo o incumplimiento de la misma,
- Falta de tecnologías aptas para proteger el ambiente de la contaminación.

CAPITULO 2
INTRODUCCION

2. INTRODUCCION

El manejo de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe es complejo y ha evolucionado paralelamente a la urbanización, al crecimiento económico y a la industrialización.

Para abordar el manejo de los residuos sólidos municipales no es suficiente conocer los aspectos técnicos de la recolección, limpieza de calles y disposición final. Se requiere también aplicar los nuevos conceptos relacionados al financiamiento de los servicios, los enfoques de descentralización y mayor participación del sector privado, los factores concomitantes de salud, del ambiente, de pobreza en áreas marginales urbanas y de educación y participación comunitaria.

Aunque el problema de los residuos sólidos municipales ha sido identificado desde hace varias décadas, especialmente en las áreas metropolitanas, las soluciones parciales que hasta ahora se han logrado no abarcan a todos los países de la Región ni a la mayoría de las ciudades intermedias y menores, convirtiéndose en un tema político permanente que en la mayoría de casos genera conflictos sociales.

Por otra parte, la generación y manejo de residuos sólidos especiales, como los residuos de hospitales y los industriales peligrosos, están afectando en mayor o menor grado la administración de los residuos sólidos municipales.

Esta última se ha visto comprometida con la recepción, tolerada o ilegal, de cantidades apreciables de desechos nocivos para la salud humana y el ambiente, cuyo manejo tiene características más complejas.

La generación de residuos sólidos urbanos y su manejo adecuado es un desafío para cualquier sociedad. La influencia negativa sobre su entorno crea la necesidad de su tratamiento ambientalmente y socialmente adecuado y económicamente sostenible.

La meta básica de la gestión de residuos sólidos es gestionar los residuos de la sociedad de una forma que sea compatible con las preocupaciones ambientales y la salud pública, y con los deseos del público respecto a la reutilización y el reciclaje de materiales residuales.

Dos de los principales problemas ambientales son relacionados a la generación de residuos sólidos: El deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos y la contaminación de las aguas terrestres y marinas. Un instrumento para combatir este problema es la educación y divulgación ambiental. Hoy día, se requiere darle una prioridad mayor a esta actividad, en aras de lograr una cultura sobre la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

El Desarrollo de una política local en materia medio ambiente ha requerido en el ámbito de nuestro municipio reelaborar el rol que ha caracterizado tradicionalmente a esta instancia local del Estado.

En tal sentido, se identificó como prioritaria la formación de recursos humanos para el desarrollo de una nueva visión de las relaciones entre Sociedad y Naturaleza. La basura es un problema en Coatzacoalcos y en todo el mundo. Aproximadamente 320 toneladas se generan diariamente contaminando el medio ambiente.

Por tal motivo se propone la creación en nuestra ciudad de la Planta de Recolección y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos cuyo objetivo es la eliminación del basurero a cielo abierto en el cual proliferan insectos y roedores; y otras especies consideradas como plagas o con potencial para convertirse en estas además de ocupar importantes extensiones de terreno que quedan inutilizadas y degradadas.

Reciclando la basura sólida solucionamos un problema ecológico, contribuyendo además a preservar los recursos naturales ya que papeles, plásticos, vidrios y metales se elaboran a partir de materias primas que en su mayoría no son renovables.

CAPITULO 3
GENERALIDADES

3. GENERALIDADES

3.1 RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La recuperación de residuos y materiales usados es connatural a toda sociedad cuya capacidad de producir bienes sea muy limitada. Hace menos de dos siglos, en los países hoy desarrollados, los trapos viejos, los escombros o el estiércol eran materiales valiosos para la fabricación de papel, la construcción o la agricultura, respectivamente.

Pero en el último cuarto del siglo XX la práctica cada vez más extendida de recuperar lo usado responde a lo limitado de una parte de los recursos naturales ante la fabricación en serie y la caducidad de los productos.

Se trata de una situación inversa de la que se daba antiguamente, caracterizada, además, por los elevados costos económicos y sociales de reparar los efectos de una presión humana excesiva sobre el medio ambiente.

Debido al crecimiento de la ciudad de Coatzacoalcos en la cual se producen de una manera anual 99.66 miles de toneladas.

3.2 DESECHOS SÓLIDOS RECICLABLES

PAPEL Y CARTÓN

México corta medio millón de árboles diariamente para obtener la pulpa virgen. Al mismo tiempo, se editan 10 millones de periódicos cuyo destino final es la basura al concluir el día.

Anualmente se tiran 22 millones de toneladas de papel en nuestro país.

Si todos recicláramos el papel y el cartón, salvaríamos 33% de la energía que se necesita para producirlos. Además, por cada tonelada, ahorraríamos 28 mil litros de agua y 17 árboles.

El papel y el cartón se consideran entre los desperdicios mejor cotizados.

Objetos de papel reciclables:

- a) Desperdicios de papel
- b) Hojas y cuadernos
- c) Periódicos
- d) Revistas
- e) Invitaciones
- f) Cajas de cartón
- g) Papel encerado
- h) Envolturas de papel
- i) Etiquetas de papel y cartón
- j) Papel celofán

k) Fotografías

l) Cartones de huevo

m) Tetra pack

METAL

México consume más de 20 millones de latas de acero diariamente. Reciclando constantemente acero ahorramos los recursos empleados en su producción, que representan el cuádruple de gastos en energía y materia prima. Los expertos aseguran que se salva suficiente energía reciclando una lata de aluminio como para hacer funcionar un televisor durante 3 horas y media. Produciendo latas de aluminio reciclado, reduciríamos la contaminación del aire en un 95%. La mayor parte de los metales que existen pueden fundirse y volver a procesarse creando nuevos metales. Los metales constituyen cerca del 10% del desperdicio que producimos diariamente. Si los recuperáramos, serían una fuente de materia prima para nuevos productos.

Objetos de metal reciclables:

- a) Latas de conservas
- b) Latas de cerveza
- c) Latas de refresco
- d) Tapas de metal
- e) Corcholatas
- f) Botones de metal
- g) Papel aluminio
- h) Bolsa interior de leche en polvo
- i) Pasadores de pelo
- j) Alfileres

- k) Grapas
- l) Ganchos de ropa
- m) Alambre
- n) Cacerolas de aluminio

PLÁSTICOS

Podemos reciclar el 95% de los plásticos que utilizamos diariamente. En México se consumen más de 200,000 botellas de plástico cada hora, y las tendencias de empaques en bienes de consumo han provocado que esta cifra se incremente día a día. Existen más de 50 tipos diferentes de plásticos, dentro de los cuales 7 son los más comunes:

- 1 Polietileno Tereftalato (PET)
- 2 Polietileno Alta Densidad (PEAD)
- 3 Cloruro de Polivinilo (PVC)
- 4 Polietileno Baja Densidad (PEBD)
- 5 Polipropileno (PP)
- 6 Poliestireno (PS)
- 7 Otros plásticos

CAPITULO 4

EVOLUCION DE LA GESTION DE RESIDUOS SÓLIDOS

4. EVOLUCION DE LA GESTION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los residuos han existido desde que nuestro planeta ha tenido seres vivos. Hace unos 4. 500 millones de años, los desechos de las plantas y los animales siempre habían servido para formar los sistemas ecológicos, cerrando los ciclos de la materia y la energía existentes en la naturaleza, resultando imprescindibles para el desarrollo de la vida y el cierre de los ciclos biológicos.

En los diferentes ecosistemas de la naturaleza, los desechos son constantemente reutilizados, es decir, no existe lo que no posee utilidad, todo se recicla. En el principio de los tiempos, la basura no existía la vida se llevaba a cabo según las leyes de la naturaleza. La aparición de la basura convierte al ser humano en el primer animal que transgrede las leyes naturales.

Con nuestros primeros antecesores de la especie humana, no se produjeron problemas importantes en los ciclos biológicos, ni problemas en la naturaleza, ya que los pocos residuos que se generaban eran biodegradables y, por tanto, perfectamente asumibles por el medio.

Las sociedades primitivas formadas por seres humanos y animales utilizaban los recursos de la tierra para su supervivencia y los pocos residuos que generaban pasaban a formar parte de los ciclos biológicos.

En la era paleolítico, la especie humana utilizaba los recursos naturales que necesitaba para su sustento, eran cazadores y recolectores de frutos, se

desplazaban por el medio según las distintas estaciones del año en busca de los alimentos.

Estas poblaciones estaban formadas por un número reducido de individuos y, además, no tenían un asentamiento fijo, por lo que dependían totalmente de la naturaleza y los pocos residuos que producían eran fácilmente asimilados por ella.

La aparición de la agricultura, la ganadería, los asentamientos estables y el crecimiento de la población durante la era del Neolítico tampoco crea problemas, ya que la mayor cantidad y concentración de residuos generados son perfectamente asumibles por el entorno, debido a su naturaleza y cantidad.

En la Roma de Cesar Augusto se adoptaron medidas para evitar la acumulación de los vertidos en el interior de las ciudades, acometiendo la fabulosa red de alcantarillado de la ciudad. Siglos antes, en Creta y en las poblaciones bíblicas, parece que se tenía como practica el enterramiento de los residuos urbanos y las aguas residuales. Sin embargo, los primeros síntomas de desequilibrio se inician con la concentración de la población en villas y ciudades durante la Edad Media, debido principalmente a la falta de higiene y gestión de los residuos, aunque los problemas estaban muy localizados, ya que la mayor parte de la población durante esta época vivía muy dispersa en las zonas rurales.

Mas tarde, durante el siglo XVIII, también las autoridades españolas se tuvieron que preocupar por la sanidad e higiene de la población de sus

ciudades, tanto en la península como en los Virreinos, asoladas en algunos casos por las epidemias, tal es el caso de la Ciudad de Buenos Aires, donde se dispusieron medidas para evitar diversas epidemias.

Se prohibió a las personas que arrojaran la basura a las calles o en cualquier lugar, ya que era una causa importante de inundaciones y enfermedades.

A pesar de las deficientes condiciones sanitarias y la aparición de enfermedades como la peste bubónica, cólera y el tifus, por la costumbre de tirar en las calles y espacios vacíos sin pavimento los residuos y las aguas fecales, es evidente que el volumen de residuos producidos por habitante todavía no era elevado, y en su mayoría eran de carácter orgánico, por lo que su eliminación, en general, no planteaba mas problemas que los de indisciplina, la miseria y malos hábitos higiénicos de la sociedad. Incluso a principios del siglo pasado el problema no era de gran magnitud, debido a que los materiales eran sencillos y de escasa transformación, los alimentos, o eran de producción propia o se compraban sin envases, los residuos producidos en los hogares se utilizaban para alimentar a los animales, como energía en las casas o se reciclaban por la propia naturaleza.

El problema de los residuos comienza con la expansión demográfica en la edad moderna. El grado de transformación a que son sometidos los materiales conlleva la aparición de nuevos productos que nunca habían

existido en la naturaleza, por lo que no pueden ser eliminados ni reciclados de forma natural y, como consecuencia, el ciclo de eliminación se alarga considerablemente, generando un desarrollo basado en el desequilibrio entre crecimiento económico y medio ambiente, a través de un uso no sostenible de los recursos del medio.

Tras la Revolución Industrial del siglo XVIII, la actividad económica y la sociedad en general sufrieron una serie de cambios que condujeron a una interacción notable con el medio ambiente.

Por un lado, los grandes avances tecnológicos permitieron llevar a cabo la manufactura a gran escala de productos que hasta entonces se realizaba de un modo artesanal. Y por otro, este cambio permitió no solo la cobertura de la demanda del área de influencia de la actividad, sino que la requerida influencia llegó a traspasar fronteras. También son relevantes los cambios en los hábitos sociales debido al aumento notable en la oferta de mercado de productos que carecían de tradición en determinadas zonas.

Todo ello, unido a una fuerte expansión demográfica y a la irracionalidad en la explotación de los recursos naturales, generó una degradación y carestía de los recursos, la deforestación, la reducción de la biodiversidad, la contaminación atmosférica y la degradación de los suelos y las aguas subterráneas, provocada por los residuos derivados de las actividades económicas extractivas, transformadoras y de consumo.

El afán industrial por usar y transformar los recursos naturales con el fin de producir al costo más bajo posible, condujo a una explotación excesiva de esos recursos, utilizando tecnologías cuyo único criterio de selección se basaba en aspectos económicos, sacando al mercado productos que perseguían cubrir una demanda de mercado sin realizar un análisis del ciclo de vida que permitiese seleccionar el tipo de producto manufacturado, siguiendo criterios de duración del producto o de su deposición tras el final de su vida útil.

Esta fuerte expansión de la actividad económica y el consumismo de los humanos, hizo necesaria la puesta en marcha, a finales del siglo XIX, de elementos de control y tratamiento de los desechos producidos, llevando a cabo una intensa labor desde la generación hasta el tratamiento, lo que hoy se conoce por gestión de residuos.

La gestión de residuos sólidos ha progresado desde el empleo de las técnicas convencionales de recogida y destrucción hasta un plan integrado de

gestión, enfocado hacia la reducción de las fuentes de generación de residuos, así como el reciclado de los mismos.

A medida que los recursos naturales van siendo más limitados y la normativa, en materia de regulación va aumentando, debemos de dirigir nuestra atención hacia el desarrollo y la aplicación de tecnologías de gestión y almacenamiento más avanzadas.

El desecho o almacenamiento de residuos sólidos ha venido realizándose al aire libre; sin embargo, en la actualidad se lleva a cabo en dos pasos, primero se almacenan los residuos en un vertedero con recubrimiento doble que, cuando se llena, se entierra y, posteriormente, se somete a un control exhaustivo de emisiones de gases y/o lixiviados líquidos. Otros métodos de eliminación incluyen el compostaje y varios procesos de incineración, los cuales también pueden utilizarse como vías complementarias para la gestión de lodos procedentes del tratamiento de efluentes hídricos. Este tipo de tratamientos, generalmente precisan de un sistema de control para los nuevos contaminantes generados, tales como los lixiviados y los olores producidos por las operaciones tanto de compostaje como químicas, así como la emisión de partículas sólidas producida durante la combustión de las incineradoras.

También es frecuente la recuperación y reutilización de los residuos sólidos. Según el tipo de fuente o la facilidad de separación del material aprovechable, existe toda una gama de productos reutilizables, tales como papel, vidrio, plásticos, metales ferrosos y metales no ferrosos.

También, pueden emplearse los residuos de combustibles para la producción de energía, así como los residuos sólidos orgánicos, que pueden emplearse como abonos para el acondicionamiento de terrenos.

Opciones que deben ser medio-ambientalmente responsables en el tiempo, socialmente beneficiosas y económicamente viables, es decir, que la gestión de los residuos pueda mantenerse dentro del binomio crecimiento económico-calidad de vida, concepto conocido en todo el mundo como desarrollo sostenible.

CAPITULO 5

ORIGENES, COMPOSICION Y PROPIEDADES DE LOS

RESIDUOS SÓLIDOS

5. ORIGENES, COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LOS RSU

5.1 Orígenes, Tipos y Composición

Se entiende por residuo sólido cualquier material desechado que pueda o no tener utilidad alguna. El termino residuo no corresponde con la acepción de la palabra desecho, pues esta trae implícita la no utilidad de la materia. En la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA), en el artículo 3º (frac. XXXI) se define residuo de la siguiente manera:

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo genero.¹

Los residuos sólidos pueden generarse a partir de la actividad de desecho de cualquier individuo particular o colectivo de personas (generador de residuos). El concepto de desecho o desperdicio viene determinado para las personas que los generan, ya que dichos residuos pueden representar una fuente de ingresos para otras personas, a través de procesos de reciclado o reutilización.

La cantidad de residuos sólidos generada varía según la estación climatologica, la posición geográfica y el tiempo de duración de la actividad.

La generación de residuos sólidos puede subdividirse en domestica y no domestica, dependiendo de su fuente de origen. Los residuos sólidos de origen

¹ Jiménez Cisneros Blanca, La Contaminación Ambiental en México, Editorial Noriega, México, 2002 453-468 pp.

doméstico, generalmente, se consideran como residuos de tipo caseros o familiares; mientras que los residuos de origen no doméstico están constituidos por los desechos generados en actividades comerciales, pequeñas industrias y otros residuos sólidos. Según el tipo de actividad económica asociada a la generación de los residuos sólidos estos se clasifican en varias categorías, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Fuentes de RSU.

FUENTE	ACTIVIDADES O LOCALIZACIONES	TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS
Doméstica (RSD)	Viviendas	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios, hoteles, talleres mecánicos	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, etc.	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales.
Construcción y demolición	Lugares nuevos de construcción, lugares de reparación, derribos de edificios, etc.	Madera, acero, hormigón, suciedad, etc.
Servicios municipales	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de zonas de recreo	Residuos especiales, basura, barreduras de la calle, recortes de árboles y plantas
Plantas de tratamiento incineradoras	Aguas residuales, cenizas	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de fangos, cenizas.

A continuación se describe brevemente las principales clases de desechos y sus características. De forma general se destacan:

1. Residuos de alimentos. Son residuos de comida de tipo animal o vegetal que resultan del manejo, preparación y cocinado de alimentos. Su principal característica es que se descomponen rápidamente generando mal olor y atrayendo moscas y ratas que son vectores (transmisores) de enfermedades.
2. Residuos municipales. Consiste en sólidos variados que provienen tanto de zonas residenciales como comerciales. Esta conformada por dos tipos de materiales: combustibles y no combustibles. El material combustible lo forman el papel, cartón, plástico, textiles, cuero, madera, hojarasca y mobiliario; y entre los no combustibles se encuentran el vidrio, loza, latas y metales.
3. Cenizas y residuos. Es el material remanente de la combustión y por lo general son sólidos de tamaño muy pequeño.
4. Cascajo. Proviene de la demolición o remodelación de edificios o casas. Incluye piedras, concreto, ladrillos, varilla, restos de plomería y de instalaciones eléctricas, etcétera.
5. Residuos no específicos. Son desechos provenientes de la limpieza de calles, carreteras u otras zonas abiertas al público.

Contiene desechos muy variados como animales muertos, vehículos abandonados, entre otros. Su control es muy difícil ya que no se puede predecir su localización ni la naturaleza del desecho.

6. Residuos de plantas de tratamiento. Son los lodos generados al separar los contaminantes del agua en plantas de tratamiento. Se considera que en un futuro estos desechos llegaran a ser de un volumen importante en México. En el caso de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua residual domestica, estos no se consideran como “desechos” sino como residuos capaces de ser empleados para mejorar el suelo o bien, para cubrir las celdas de los rellenos. Por ello, reciben el nombre de biosolidos y la tendencia mundial es hacia su reuso.
7. Residuos agropecuarios. Incluye tanto los residuos de la producción de vegetales y fruta como los de la cría de ganado. No dependen de la municipalidad y, en ocasiones, llegan a constituir verdaderos problemas ambientales.
8. Residuos no domiciliarios. Son los residuos que no se generan dentro de las casas habitación diariamente pero que son de origen municipal.

Dentro de los residuos urbanos pueden englobarse un sinnfín de materiales que los componen que deben conocerse en profundidad para gestionarlos correctamente. La evolución experimentada por la sociedad ha hecho que los residuos orgánicos, hayan dado paso a otros productos nuevos, especialmente procedentes de los envases y embalajes.

A manera de comparación se presentan los indicadores promedio de la caracterización de residuos sólidos municipales entre dos países del primer mundo (Francia y Estados Unidos) y dos en vías desarrollo (México y Colombia). Es claro que tanto en México como en Colombia la mayor parte de los residuos son de tipo orgánico

Tabla 5.2. Indicadores promedio de la caracterización de residuos sólidos municipales a nivel internacional.

Subproducto	Estados Unidos (%)	Francia (%)	Mexico (%)	Colombia (%)
Papel y cartón	40	35	14	22
Plásticos	8	7	6	5
Metales	9	5	3	1
Textiles		5	1	4
Vidrio	7	12	7	2
Residuos alimenticios	18	21	32	56
Residuos de jardinería	7		10	10
Otros	11	15	27	

Cabe mencionar que en la Republica Mexicana la composición de los residuos sólidos municipales no es homogénea sino que responde a la distribución, hábitos y costumbres alimenticias, al nivel de consumo y al poder adquisitivo de la población.

5.2 Propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las características físicas más importantes de los RSU incluyen: peso específico, contenido de humedad, tamaño de la partícula y distribución del tamaño y porosidad de los residuos compactados.

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los RSU es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Normalmente, se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Si los residuos sólidos van a utilizarse como combustible, las tres propiedades químicas más importantes que es preciso conocer son:

1. Análisis físico: Humedad, materia volátil combustible, carbono fijo, ceniza

2. Análisis elemental: Implica la determinación del porcentaje de C, H, O, N, S y ceniza.

3. Contenido energético: La combustión autosuficiente requiere un contenido energético mínimo de 1.800 Kcal/kg. En muchos países sin embargo, los RSU alcanzan solamente 1.000 Kcal/kg.

Características de los residuos

Humedad

Es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida la basura. Se determina generalmente de la siguiente forma: Tomar una muestra representativa, de 1 a 2 Kg, se calienta a 80°C durante 24 horas, se pesa y se expresa en base seca o húmeda.

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso}_{\text{Inicial}} - \text{Peso}_{\text{Final}}}{\text{Peso}_{\text{Inicial}}} \bullet 100$$

Se expresa en porcentaje

Si el denominador es $\text{Peso}_{\text{inicial}}$, se habla de humedad en base húmeda

Si el denominador es $\text{Peso}_{\text{final}}$, se habla de humedad en base seca.

Densidad

La densidad de los sólidos rellenados depende de su constitución y humedad, por que este valor se debe medir para tener un valor más real. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo.

Densidad suelta: Generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos. En Chile fluctúa entre 0.2 a 0.4 Kg/l o Ton/m³.

Densidad transporte: Depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados. El valor típico es del orden de 0.6 Kg/l.

Densidad residuo dispuesto en relleno: Se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta la basura y la densidad después de asentado y estabilizado el sitio. En Chile la densidad recién dispuesta fluctúa entre 0.5 a 0.7 Kg/l y la densidad de la basura estabilizada fluctúa entre 0.7 a 0.9 Kg/l

Poder calorífico

Se define como la cantidad de calor que puede entregar un cuerpo. Se debe diferenciar entre poder calorífico inferior y superior.

El Poder Calorífico Superior (PCS) no considera corrección por humedad y el inferior (PCI) en cambio si. Se mide en unidades de energía por masa, [cal/gr], [Kcal/kg], [BTU/lb]. Se mide utilizando un calorímetro.

También se puede conocer a través de un cálculo teórico, el cual busca en la bibliografía valores típicos de PC por componentes y se combina con el conocimiento de la composición de los residuos:

$$PC = n_0PC_0 + n_1PC_1 + \dots + n_nPC_n$$

En donde

n_i = Porcentaje en peso del componente

PC_i = Poder calorífico de i

La característica biológica más importante de la fracción orgánica de los RSU es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. A ese fenómeno se refiere con el termino biodegradabilidad.

La velocidad a la que los diversos componentes pueden ser degradados varía notablemente. Con fines prácticos, los componentes principales de los residuos orgánicos en los residuos sólidos urbanos a menudo se clasifican como de descomposición rápida y lenta.

Durante todas las estaciones en climas cálidos, la reproducción de moscas es una cuestión importante para el almacenamiento de residuos. Las moscas pueden desarrollarse en menos de dos semanas después de poner los huevos.

El problema del desarrollo de las moscas, desde la etapa larval (gusano), en los contenedores de almacenamiento depende de los siguientes hechos: si los gusanos se desarrollan, son difíciles de quitar cuando se vacían los contenedores.

Los que permanecen pueden desarrollarse hasta convertirse en moscas. Los gusanos también salen de los cubos destapados y se desarrollan hasta

convertirse en moscas en el terreno circundante. Los problemas principales son higiénicos y la propagación de enfermedades.

5.3 Orígenes, tipos y propiedades de los residuos peligrosos encontrados en los residuos sólidos urbanos.

Un residuo peligroso es cualquier desecho o combinación de ellos que representa una amenaza sustancial, presente o futura, para el hombre o para el medio ambiente y por tanto debe ser manejado o dispuesto con precauciones especiales. La frac. XXXII de la LGEEPA los define como:

Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente².

Entre las fuentes principales de residuos industriales a gran escala se encuentran la industria química (orgánica e inorgánica), la minería y fundición y la petroquímica. Sin embargo, la pequeña y mediana empresa también arrojan cantidades considerables de residuos debido al gran número de empresas que existen y a las malas condiciones de trabajo y manejo de residuos que tienen. Entre los giros que destacan por su mal manejo y sus riesgos a la salud se encuentran las recicladoras de acumuladores, la alfarería y las curtidorías.

² Aguilar Rivero Margot, Reciclamiento de Basura, Editorial Trillas, Mexico, 1999, 508 pp.

Por otra parte, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) ha designado cinco categorías para los residuos considerados como peligrosos, a saber:

1. Residuos de tipo específico provenientes de fuentes no específicas, algunos ejemplos de esta categoría incluyen solventes no halogenados, lodos del electroplatinado y soluciones cianúricas provenientes del tratamiento de la superficie de metales.
2. Residuos de tipo específico, provenientes de fuentes específicas, por ejemplo, los residuos del horno de la producción de piezas de óxido de cromo y los lodos de purificación de salmuera del proceso de celda de mercurio en la producción de cloro.
3. Sustancias identificadas como residuos de peligrosidad aguda, como el cianuro de potasio y la plata, el toxafeno y el óxido arsénico.
4. Sustancias identificadas como residuos peligrosos, por ejemplo, el xileno, el DDT y el tetracloruro de carbono.
5. Residuos característicos que no están identificados específicamente en otras categorías y que exhiben propiedades de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad o inflamabilidad.

A los anteriores se podrían añadir los residuos municipales con características municipales los cuales con:

- Residuos generados en clínicas, laboratorios, consultorios y unidades médicas.
- Fármacos no aptos para el consumo humano
- Alimentos no aptos para el consumo humano
- Lodos de perforación y desazolve
- Residuos peligrosos generados en casas-habitación
- Otros

Una vez que se ha decidido que un material es un residuo peligroso, deben determinarse las propiedades del mismo. Esta información puede emplearse para evaluar los efectos sobre la salud pública; para determinar el método más adecuado de manipulación o transporte y para evaluar los diferentes métodos de almacenamiento, tratamiento o disposición final. Los parámetros clave de interés son los siguientes:

- Características físicas
- Sinónimos
- Límites de exposición permitidos en el lugar de trabajo

- Toxicidad en agua
- Incompatibilidades
- Toxicología
- Precauciones de seguridad
- Métodos de disposición final

Tabla 5.3. Tipos de residuos peligrosos no industriales

Lugar	Residuos generados
Unidades Medicas	Residuos de salas de aislamiento Cultivos de agentes infecciosos Sangre humana y sus derivados Residuos patológicos Objetos punzocortantes Residuos de animales contaminados
Casas habitación	Residuos químicos Lubricantes Insecticidas Baterías portátiles Residuos de pinturas Selladores Solventes Anticongelantes Ácidos y sales Asbestos Batería de automóviles

CAPITULO 6

ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN
SISTEMA DE GESTION DE RSU

6. ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN SISTEMA DE GESTION DE RSU

6.1 Generación de los residuos sólidos urbanos.

Todo ser vivo es un consumidor nato, tendiendo a crecer hasta alcanzar la saciedad, y el ser humano no es una excepción a esta regla, con el agravante añadido de que, cuando se sacia de algo, busca o inventa otra necesidad, lo que produce un aumento progresivo de productos inservibles, es decir, de residuos.

La generación de residuos es una de las consecuencias de nuestra civilización, o dicho de otro modo, del consumismo de la sociedad, el gran símbolo de la época moderna.

De forma simplificada, se puede decir que la producción de residuos depende básicamente de tres factores:

- El índice de natalidad
- La vida media de los nacidos
- El consumo por persona y año.

La cantidad de residuos producidos en una zona determinada, depende de la procreación y del consumo de la población, ambos factores difíciles de controlar en nuestra sociedad.

La generación de residuos sólidos urbanos depende también de la época del año, del modo de vida de la sociedad, de la movilidad de la población, del clima y de las nuevas tendencias de la comercialización de las mercancías.

Las cantidades de residuos sólidos generadas y recolectadas son de una importancia crítica para determinar el cumplimiento de los programas federales y estatales de desviación de residuos; para seleccionar equipo específico y para el diseño de los itinerarios de recolección de residuos, instalación de recuperación de materiales (IRM) e instalaciones de evacuación.

La razón principal para medir las cantidades de residuos sólidos generadas, separadas para el reciclaje y recolectadas para su procesamiento adicional o para su evacuación, es obtener datos que se puedan utilizar para desarrollar e implantar programas efectivos de gestión de residuos sólidos.

El consumismo trae consigo una generación desproporcionada de residuos. La generación de residuos tampoco es igual a lo largo de un año y para todas las zonas o ciudades. Así la producción de residuos en las poblaciones no turísticas suele ser máxima en invierno y mínima en la época estival, al contrario de lo que sucede en las zonas turísticas. Por otro lado, también desde el punto de vista de la generación de los residuos sólidos urbanos hay una gran variación según la forma de vida de la sociedad siendo mayor la producción en las zonas urbanas que en las semiurbanas o rurales.

En general la evolución de la producción de los residuos depende del nivel de vida de la sociedad pero también de las políticas de reducción de los residuos en su origen y de la recogida selectiva y el reciclaje.

La producción de residuos y la forma de recogida en los distintos países varía.

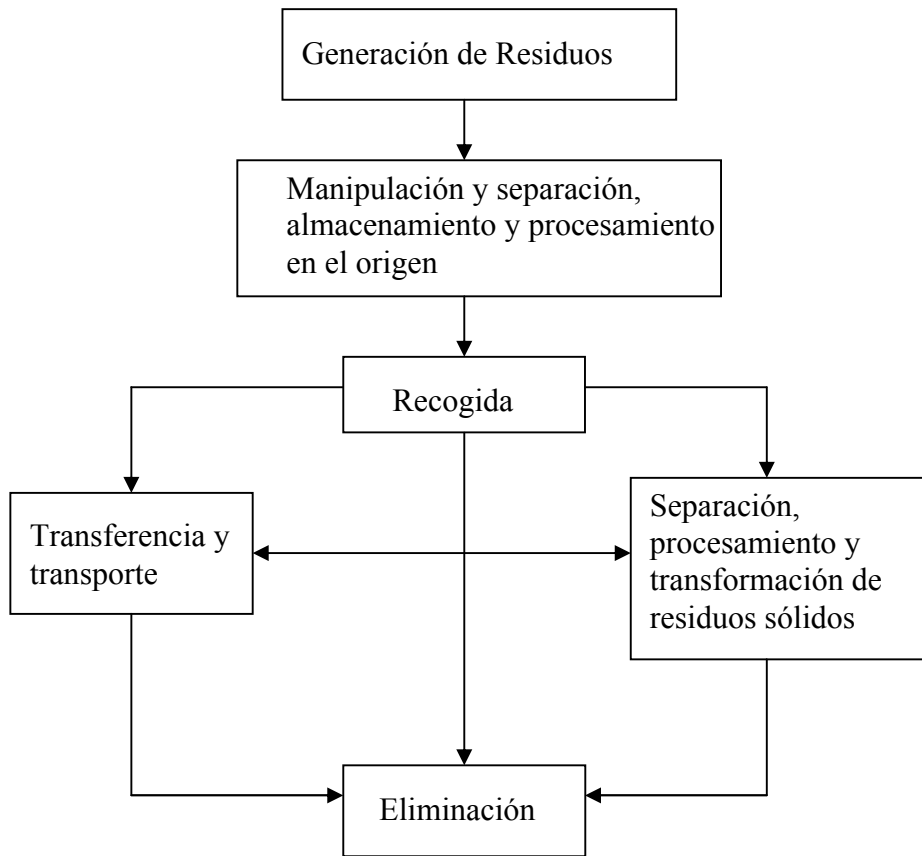


FIGURA 6.1 Elementos funcionales de un sistema de gestión de RSU.

6.2 Manipulación, Almacenamiento y Procesamiento de residuos en el Origen.

Este elemento funcional en el sistema de gestión de RSU puede tener un efecto importante sobre las características de los residuos, sobre los elementos funcionales subsiguientes, sobre la salud pública, y sobre las actitudes públicas acerca de residuos, es importante comprender sus implicaciones.

6.2.1 Manipulación y separación de residuos sólidos en origen

La manipulación y separación de RSU en el origen ha llegado a ser un elemento importante dentro de los programas de gestión de residuos, debido a que es el paso crítico para cualquier programa de reciclaje.

En general, la manipulación se refiere a las actividades asociadas con la gestión de los RSU hasta que éstos son colocados en los contenedores utilizados para su almacenamiento, antes de la recogida o devueltos a centros de recogida selectiva o de reciclaje. Las actividades específicas asociadas a la manipulación de los residuos en la fuente de generación variaran según los tipos de materiales que se separan para su reutilización y reciclaje, y la frecuencia con la que estos materiales son separados del flujo de residuos. Según el tipo y la altura de las instalaciones, se emplean distintos contenedores o bolsas de almacenamiento, compactadores domésticos, conductos de gravedad y transportadores neumáticos.

La separación de los componentes de RSU, incluyendo papel, cartón, latas de aluminio, vidrio y envases plástico, en el punto de generación es una de las formas más positivas eficaces de lograr la recuperación y reutilización de materiales.

6.2.2 Manipulación y separación de residuos en viviendas residenciales

Aunque las instalaciones y los distintos tipos de edificios se pueden clasificar de diversas formas, una clasificación basada en el número de plantas es adecuada para el propósito de analizar el manejo y separación de residuos en las viviendas residenciales. Las tres clasificaciones utilizadas con más frecuencia, son: de baja altura, menos de 4 plantas; de mediana altura, de 4 a 7 plantas; y bloques elevados, mas de 7 plantas.

1. Viviendas aisladas de baja altura. Los residentes o inquilinos de viviendas de baja altura son los responsables de colocar los residuos sólidos y materiales reciclables que se generan y acumulan dentro de y alrededor de sus viviendas, en contenedores de almacenamiento. Los tipos de contenedores utilizados dependen de que la separación de residuos sea obligatoria o no.

En muchas comunidades se ha tomado la decisión de no obligar a los residentes a separar sus residuos, consiguiendo las metas de desviación obligatorias mediante el uso de las instalaciones de recuperación de materiales (IRM).

En algunos sistemas de recogida, los residuos mezclados se colocan en diversos contenedores con poca o ninguna estandarización. En ambos sistemas, es el propietario de la casa o inquilino quien es el responsable de transportar los contenedores llenos de residuos a la acera de la calle para su recogida.

En los sistemas donde los componentes de residuos son separados, los residuos sólidos restantes después de la separación de los materiales reciclables son colocados en uno o más contenedores grandes.

2. Bloques de mediana altura. Son parecidos a aquellos utilizados en las viviendas de baja altura, pero los métodos pueden variar algo según el lugar de almacenamiento de residuos y el método de recogida. Los lugares típicos para el almacenamiento de residuos sólidos incluyen el almacenamiento en sótano, el almacenamiento al aire libre y ocasionalmente el almacenamiento compactado.

3. Bloques elevados. Los métodos para manipular residuos sólidos son uno o mas de los siguientes: 1) los residuos son recogidos por el personal de mantenimiento o los porteros del edificio desde las plantas y son llevados al sótano o zona de servicio; 2) los residuos son llevados a la zona de servicio por los inquilinos; o 3) los residuos, normalmente en bolsas, son colocados por los inquilinos en conductos verticales especialmente diseñados con entradas en cada planta.

6.2.3 Almacenamiento de residuos sólidos en origen

El almacenamiento in situ se encuentra limitado por la disponibilidad de espacio y la descomposición de los residuos orgánicos.

Su duración no debe exceder de 8 días para desechos municipales.

El costo y operación de esta etapa es responsabilidad de los generadores, quien aplica sus propios criterios ambientales. En las casas unifamiliares uno mismo es el encargado. En condominios y multifamiliares se dispone un área común ex profeso (0.058 m³/fam) que además de ser un lugar cerrado debe tener acceso limitado, ventilación, permanecer limpio y estar alejado de la zona habitacional.

Los factores que deben considerarse en el almacenamiento in situ de los residuos sólidos incluyen

1. Efectos sobre los componentes de los residuos: Descomposición biológica (putrefacción, olores, reproducción de moscas), absorción de fluidos (distribución de humedad, absorción de aguas de lluvia), y contaminación de los componentes de los residuos (reduce el valor de los componentes para el reciclaje)
2. Tipo de contenedor que se va a utilizar: Depende de las características y tipos de residuos sólidos que hay que recoger, del tipo de sistema de recogida utilizado, de la frecuencia de la recogida, y del espacio disponible para poner los contenedores. Los tipos más utilizados son: Bolsas de papel o de plástico desechable, barriles de plástico, aluminio o fibra, y contenedores de metal galvanizado con/sin ruedas, con/sin tapas.
3. Localización del contenedor: Cuando es posible, en algún lugar común específicamente designado para este propósito, típicamente en el sótano o al aire libre.
4. Salud pública y estética: Debido a los vectores sanitarios potenciales, la higiene correcta implica el uso de contenedores con tapas ajustadas, lavar los recipientes y la zona de almacenamiento periódicamente, así como también la separación periódica de los materiales biodegradables.

Una consideración importante en el almacenamiento in situ de residuos son los efectos del mismo almacenamiento sobre las características de los residuos que son almacenados. Estos efectos de almacenamiento incluyen 1) descomposición biológica, 2) absorción de fluidos, y 3) contaminación de los componentes de los residuos.

Descomposición microbiológica. Cuando se colocan comida y otros residuos en contenedores de almacenamiento in situ, casi inmediatamente comienza a sufrir descomposición microbiológica como resultado del crecimiento de bacterias y hongos.

Absorción de fluidos. Como los componentes que conforman los residuos sólidos tienen diferentes contenidos iniciales de humedad, se produce un equilibrio mientras los residuos permanecen almacenados in situ en contenedores. Cuando los residuos mezclados son almacenados juntos, el papel absorbe la humedad de los residuos de comida y de los recortes frescos de jardín. El grado de absorción que se produce depende del tiempo durante el que los residuos permanecen almacenados hasta su recogida. Si se dejan los residuos durante más de una semana en contenedores cerrados, la humedad se distribuirá a través de los residuos.

Si no se utilizan tapas a prueba de agua, los residuos también absorberán el agua de lluvia que entra en los contenedores parcialmente

cubiertos. La saturación de los residuos hasta su capacidad de campo es un hecho común en las zonas tropicales donde llueve la mayoría de los días.

Contaminación de los componentes de los residuos. Quizás el efecto más grave del almacenamiento in situ de los residuos es la contaminación que produce. Se pueden contaminar los componentes más importantes de los residuos con pequeñas cantidades de residuos tales como aceites de motor, de productos de limpieza de la casa y pinturas. El efecto de esta contaminación es que se reduce el valor de los componentes individuales para el reciclaje.

6.2.4 Procesamiento de residuos sólidos en viviendas residenciales

Se utiliza el procesamiento de residuos para 1) reducir el volumen, 2) recuperar materiales reutilizables, o3) alterar la forma física de los residuos sólidos. Las operaciones de procesamiento in situ más comunes utilizadas en las viviendas aisladas incluyen: trituración de los residuos de comida, separación de componentes, compactación, incineración y compostaje. La incineración en el jardín, anteriormente una técnica común de procesamiento realizada para reducir el volumen de los residuos.

Las operaciones de procesamiento utilizadas en los bloques de viviendas elevados y de baja y mediana altura incluyen: trituración de residuos de comida, separación de componentes, y compactación

Tabla 6.1 Operaciones e instalaciones típicas utilizadas para el procesamiento de residuos sólidos en el punto de generación.

Origen	Personas responsables	Operaciones e instalaciones
Viviendas residenciales	Residentes, inquilinos	Trituración, separación de componentes, compactación, compostaje
Elevados	Operarios de mantenimiento del edificio y servicios contratados, inquilinos	Compactación, separación de componentes, compostaje
Comercial	Operación de mantenimiento del edificio y servicios contratados, servicios de cuidado del edificio	Compactación, separación de componentes, incineración, trituración
Industrial	Servicios de cuidado del edificio	Separación de componentes, compactación, trituración

FIGURA 6.2 Sistema típico de transporte de residuos neumático subterráneo para bloques de viviendas elevados.

6.3 Recolección

La recolección de residuos sólidos, no seleccionados y separados, en una zona urbana es difícil y compleja, ya que la generación de residuos sólidos comerciales-industriales y domésticos se produce en cada casa, en cada bloque de viviendas, y en cada instalación comercial e industrial, así como en las calles, en los parques e incluso en zonas vacías. El siempre creciente desarrollo de las afueras de las ciudades a lo largo del país ha complicado todavía más la tarea de recolección. Mientras las formas de generar residuos se vuelven más profusas y se incrementa la cantidad total de residuos, la logística de recolección se vuelve más compleja. Aunque estos problemas siempre han existido en algún grado, actualmente han llegado a tomarse críticos por los altos costos en el combustible y en la mano de obra.

Comúnmente, son las autoridades las encargadas de efectuar la recolección de los residuos de cada uno de los puntos donde se generan. En México el servicio se realiza a través de las delegaciones en el Distrito Federal, y en la provincia por medio de los municipios. Estas entidades se encargan además del servicio de transferencia, el tratamiento y la disposición. La Secretaria de Salud y la Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca son las encargadas de normar y supervisar todo el proceso. En cuanto a la recolección, esta representa entre 60 y 70 % del costo total del procesamiento.

El termino recolección, incluye no solamente la recolección o toma de los residuos sólidos de diversos orígenes, sino también el transporte de estos residuos hasta el lugar donde los vehículos de recolección se vacían. La descarga del vehículo de recolección también se considera como parte de la operación de recolección. Mientras las actividades asociadas al transporte y la descarga son similares para la mayoría de los sistemas de recolección, la recolección o toma de los residuos sólidos variara según las características de las instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan los residuos y los métodos utilizados para el almacenamiento in situ de los residuos acumulados entre recolecciones.

La recolección de residuos sólidos, no seleccionados y separados, en una zona urbana es difícil y compleja, ya que su generación se produce en fuentes difusas (casas, bloques de viviendas, calles, parques, zonas vacías).

Los tipos más comunes de servicios de recolección domésticos incluyen: acera, callejón, sacar-devolver, y sacar. Cuando se utiliza el servicio en acera, el propietario de las casa es el responsable de colocar, en la acera, los contenedores que hay que vaciar el día de recolección; y de devolver los contenedores vacíos a su lugar de almacenamiento hasta la siguiente recolección.

Cuando los callejones forman una parte básica del mapa de una ciudad o zona residencial, es muy común el almacenamiento, en el callejón, de los contenedores de residuos sólidos.

En el servicio sacar-devolver, los contenedores son sacados de la propiedad y devueltos después de ser vaciados por operarios extras, que trabajan conjuntamente con los operarios responsables de la carga del vehículo de recolección.

El servicio de sacar es, esencialmente, el mismo que el de sacar-devolver, excepto que el propietario de la casa es el responsable de devolver los contenedores a su lugar de almacenamiento.

Los métodos manuales utilizados para la recolección de RSU incluyen: el levantamiento directo, el manejo de los contenedores cargados hasta el vehículo de recolección para su vaciado, el deslizamiento de los contenedores cargados sobre sus ruedas hasta el vehículo de recolección para su vaciado, y el uso de pequeños montacargas para llevar los contenedores cargados al vehículo de recolección.

Los grandes contenedores, en los que se vacían los contenedores más pequeños antes de llevarlos al vehículo de recolección, todavía son usados en algunos países.

Los materiales de residuos que han sido separados en origen tienen que agruparse antes de poder ser reciclados.

Actualmente, los métodos más utilizados para esta tarea, incluyen la recolección en acera, uso de vehículos recolectores convencionales y otros especialmente diseñados; recolección incidental en acera, por parte de

organizaciones de caridad; o la entrega directa de los ciudadanos a centros de recolección selectiva y de recompra.

En un sistema en acera, los reciclables separados en origen son recogidos en la acera, callejón o instalación comercial, separadamente de los residuos no seleccionados. Como los residentes y comercios no tienen que transportar los reciclables más allá de la acera, los programas de acera normalmente tienen una tasa de participación mucho más alta que los programas de centros de recolección selectiva. Los programas de acera varían mucho de una comunidad a otra. Algunos programas requieren que los residentes separen varios materiales distintos que luego son almacenados en sus propios contenedores y recogidos por separado. El método utilizado para recoger residuos separados en origen afectará directamente al diseño y forma de las instalaciones de separación y procesamiento. Los tipos principales de vehículos utilizados para la recolección de los residuos separados son: vehículos de recolección estandarizados y vehículos de recolección especializados.

6.3.1 Análisis de sistemas de recolección

Para establecer las necesidades de vehículos y mano de obra en los diversos sistemas y métodos de recolección, se debe determinar el tiempo unitario necesario para llevar a cabo cada tarea. Mediante la separación de las actividades de recolección en operaciones unitarias, se pueden 1) desarrollar datos de diseño y relaciones que son universalmente válidas y 2) evaluar las

variables asociadas con las actividades de recolección y las variables relacionadas o controladas por la localización individual.

Las actividades implicadas en la recolección de residuos sólidos se pueden concretar en cuatro operaciones unitarias: 1) toma, 2) transporte, 3) lugar de descarga, y 4) tiempo muerto.

Tiempo de toma. La definición del término tiempo de toma depende del tipo de sistema de recolección utilizado. Para los sistemas de contenedor operados de forma convencional, el tiempo de toma se refiere al tiempo transcurrido conduciendo hasta el siguiente contenedor después de haber depositado un contenedor vacío, el tiempo transcurrido en recoger el contenedor cargado y el tiempo necesario para volver a depositar el contenedor después de haber vaciado su contenido.

Para los sistemas de caja fija, tiempo de toma se refiere al tiempo transcurrido cargando el vehículo de recolección, comenzando por la parada del vehículo antes de cargar el contenido del primer contenedor y terminando cuando se ha cargado el contenido del último contenedor que hay que vaciar.

Transporte. La definición del término transporte también depende del tipo de sistema de recolección utilizado. Para los sistemas de contenedor, transporte representa el tiempo necesario para llegar al lugar donde se va a vaciar el contenido del contenedor, comenzando cuando se carga en el camión un contenedor con residuos y continuando con el tiempo transcurrido después de

dejar el lugar de descarga hasta que el camión llega al lugar donde se va a redepositar el contenedor vacío..

Para los sistemas de caja fija, el transporte se refiere al tiempo requerido hasta llegar al lugar donde se va a vaciar el contenido del vehículo de recolección, comenzando cuando se ha vaciado el último contenedor del itinerario, o el vehículo de recolección esta lleno, y continuando con el tiempo transcurrido después de dejar el lugar de descarga hasta que el camión llega al lugar donde se encuentra el primer contenedor que hay que vaciar en el siguiente itinerario de recolección.

Lugar de descarga. La unidad de operación lugar de descarga se refiere al tiempo transcurrido en el lugar donde se descarga el contenido del contenedor o el vehículo de recolección, e incluye tanto el tiempo transcurrido esperando a descargar como el tiempo transcurrido descargando los residuos del contenedor o vehículo de recolección.

Tiempo muerto. La unidad de operación tiempo muerto incluye todo el tiempo transcurrido en actividades que no son productivas desde el punto de vista de la operación global de recolección. Muchas de las actividades asociadas al tiempo muerto a veces son necesarias o inherentes a la operación. Por lo tanto se puede dividir en dos categorías el tiempo transcurrido en actividades de tiempo muerto: necesario e innecesario.

6.4 Separación, Procesamiento y Transporte

Actualmente, los tipos de medios e instalaciones utilizados para la recuperación de materiales residuales que han sido separados en el origen, incluyen la recogida en la acera, los centros de recogida selectiva y los centros de recompra.

La separación y el procesamiento de residuos que han sido separados en el origen, y la separación de residuos no seleccionados; normalmente tienen lugar en las instalaciones de recuperación de materiales, estaciones de transferencia, instalaciones de incineración y lugares de evacuación.

El procesamiento frecuentemente incluye: la separación de objetos voluminosos; la separación de los componentes de los residuos por tamaño, utilizando cribas; la separación manual de los componentes de los residuos; la reducción del tamaño, mediante trituración; la separación de metales féreos, utilizando imanes; la reducción del volumen por compactación y la incineración.

Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos que han de evacuarse, y para recuperar productos de conversión y energía. La fracción orgánica de los RSU puede ser transformada mediante una gran variedad de procesos químicos y biológicos.

El tratamiento mecánico-biológico de desechos comprende una fase mecánica y una biológica. En el acondicionamiento mecánico se separan los

materiales obstaculizantes y reciclables así como las sustancias contaminantes, y se preparan los desechos para la etapa biológica posterior.

En el tratamiento biológico se acelera bajo condiciones controladas la degradación de la fracción orgánica de los desechos. La degradación biológica puede realizarse mediante fermentación, degradación aeróbica o una combinación de ambos procesos. Por lo tanto, no existe una sola forma de tratamiento mecánico-biológico de desechos, sino varias.

Después de este tratamiento, el material se depone en un relleno sanitario.

El tratamiento previo mejora las características de deposición, provocando especialmente:

- Menos emisiones de lixiviados y gases,
- Alargamiento de la vida útil del relleno sanitario (mediante la reducción del volumen de desechos y el incremento de la densidad del material depuesto).

Así, el tratamiento mecánico-biológico de desechos contribuye, en el marco de una gestión ordenada de desechos, a reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente.

La separación se realiza en casa y se complementa con un sistema de recolección separada que implica un costo adicional, lo mismo que el funcionamiento de un centro de reciclaje. Un obstáculo más en el reciclaje son

los problemas de almacenamiento. Por ejemplo, derivados de las fluctuaciones en el mercado de los productos recuperados.

El éxito de estos programas requiere del entusiasmo del público, sostenido por campañas publicitarias e incentivos para normar la conducta de la gente con respecto al sistema elegido y al hábito de clasificar los desechos.

Las operaciones involucradas en la separación y concertación selectiva de componentes son las mismas que se emplean en la separación de minerales: trituración, molienda, tamizado, métodos de separación basados en el tamaño, forma, densidad, inercia, elasticidad o propiedades de las superficies de los sólidos, métodos magnéticos, eléctricos y separadores ópticos.

Las instalaciones son mas complejas que en la minería porque se trata de separar y concentrar varias o muchas especies de interés al mismo tiempo.

Los resultados de varias investigaciones sugieren que el reciclaje se debe hacer en dos etapas: la primera en la fuente y la segunda en la planta de procesamiento central ya que son complementarias. La recuperación en la fuente funciona si la recolección domiciliaria de basura se hace a través de voluntarios que no cobren por hacerlo.

El éxito de los centro de reciclaje depende en gran medida del interés de la comunidad por el, varios tienen una corta vida.

La recuperación inadecuada de materiales con frecuencia entorpece las operaciones de tratamiento, retrasa la recolección, hace inoperantes las

instalaciones y puede ser fuente de peligros y enfermedades para las personas involucradas. Esto se evita mediante concesiones sujetas a cumplir con las condiciones sanitarias bien establecidas. Además, debe ser obligatorio bardear el sitio y pedir vigilancia policíaca para hacer cumplir el reglamento.

La recuperación de materiales a partir de la basura se ha practicado a escala industrial, en plantas más o menos centralizadas durante más de 20 años. Las principales fracciones separadas son: metales ferrosos, vidrio, plástico, papel y composites. Por el costo, la clasificación en planta es poco atractiva y la heterogeneidad de la basura ocasiona un mal funcionamiento del equipo, por esto cerraron muchas plantas en Europa, sobre todo en Suecia donde el cierre de plantas fue muy drástico. En los ochenta existió, más bien, una tendencia hacia la incineración masiva.

En una sociedad desarrollada hay pocos incentivos para conservar las fuentes de materiales primarios o para hacer un esfuerzo serio por recuperar materiales desechados en la basura.

La recuperación y venta de una parte de la basura puede disminuir los costos globales de eliminación de la basura de una ciudad.

Por otra parte, los recursos naturales no son inagotables y su costo aumenta a medida que escasean. Los costos de materia prima pueden bajar si una parte es de reciclaje. Por el lado ambiental, el reciclaje al reducir el número de desperdicios, baja el índice de la contaminación en el ambiente. Sin embargo, es preciso realizar el reciclaje en condiciones mínimas de

rentabilidad aceptables, pero esto no es sencillo. La recuperación se puede realizar de la siguiente manera:

- Antes de la recolección es decir en la fuente.
- A nivel de recolección es decir por recolección selectiva
- A nivel de tratamiento es decir en una planta de recuperación

Ahora bien, cualesquiera que sean las modalidades adoptadas, la recuperación no debe implicar costos suplementarios para la comunidad.

El reciclaje se puede llevar a cabo a partir de basura bruta o a partir de residuos incinerados. La clasificación por medios manuales se puede realizar mediante bandas y al lado de estas, operarios que detectan y separan los materiales.

6.5 Transferencia y Transporte

La transferencia tiene como propósito reducir el número de viajes para llevar los residuos sólidos al lugar de tratamiento o disposición que comúnmente se localiza fuera de la ciudad. Este proceso consiste en pasar los desechos de unos camiones a otros de mayor capacidad, aunque la transferencia también se puede efectuar a trenes o barcos, de acuerdo con las características propias de cada comunidad.

Cuando el vehículo de recogida se encuentra lleno o al final de la jornada, el camión debe llevarse hasta el vertedero para proceder a su vaciado. En algunas áreas, los vertederos se encuentran realmente lejos del área recogida, por lo que conducir el camión hasta allí daría lugar a una pérdida de tiempo fuera de la ruta demasiado grande, y sería poco productivo tanto para la recogida como para los operarios. Para conseguir aumentar la productividad muchas agencias de recogida disponen de terminales de carga y descarga, donde los vehículos de ruta pueden vaciar sus cargas y volver rápidamente a la ruta de recogida de residuos, a la vez que se emplea un vehículo, más grande, capaz de transportar las cargas de varios vehículos de recogida hasta el vertedero. Dichas terminales reciben el nombre de estaciones de transferencia. El propósito de una estación de transferencia es minimizar el tiempo que los camiones de recogida pasan fuera de la ruta.

El método de transferencia mas empleado consiste en el empleo de camiones que viajan hasta la estación de transferencia, vacían y vuelven a incorporarse a la ruta.

En general las estaciones de transferencia presentan dos alturas, a la planta superior tienen acceso a los vehículos de recogida, que descargan sus residuos sólidos en un remolque situado en el nivel inferior. Los residuos normalmente se compactan para abaratar el transporte y una vez lleno y compactado el remolque se traslada hasta el vertedero y se reemplaza por otro remolque vacío.

Cabe señalar que cuando las zonas de transferencia se ubican dentro de la ciudad se deben incorporar medidas que controlen el impacto ecológica y vial. Esto se logra instalando sistemas de captación de polvos, lavadores de malos olores, sistemas de control de ruidos, fumigación periódica de la fauna nociva y un diseño arquitectónico adecuado para evitar tanto el congestionamiento de tránsito como el deterioro de la imagen urbana.

En el distrito federal la transferencia de los desechos sólidos se lleva a cabo en 13 estaciones ubicadas en las delegaciones Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Iztapalapa, Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo Madero, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tlalpan Venustiano Carranza y Xochimilco.

La capacidad de las estaciones se encuentra entre 6000 y 8000 ton/d y tiene un radio de influencia de 7 Km. por estación. La técnica empleada para el

transbordo se denomina carga directa a través de tolvas y ranuras. El parque vehicular para llevar a cabo esta acción es de 115 tractocamiones y 133 cajas. En algunos de los centros de transferencia se cuenta con equipos para el control del ruido, polvo y partículas, así como para la prevención y control de la fauna nociva. Esto se logra por ser estaciones cerradas con paredes acústicas y contar con sistemas hidroneumáticos para el lavado y riego. SEMARNAP-INE 1997 señalan como características de operación de los centros de transferencia las siguientes:

- Un camión de carga trasera por cada 15.3 m o 6.9 viaje
- Eficiencia de 2 viajes por día en promedio por vehículo
- Una barredora mecánica por cada 1 000 000 de habitantes
- Un contenedor de 6 m por cada 12 000 habitantes
- Una estación de transferencia con generadores de entre 500 y 1 000 ton/d
- 1 200 m de terreno y 900 m de construcción para la estación de transferencia.

6.6 Instalaciones para la recuperación de materiales

Las IRM pueden clasificarse en dos tipos: IRM municipales e IRM privadas. Esta clasificación tiene que ver con la relación entre instalación y suministro de reciclables. Las IRM municipales tienen garantizado el flujo de reciclables procedente de la comunidad. Sin embargo, las IRM privadas deben competir por su suministro dentro del mercado. Las IRM municipales pueden estar gestionadas por el gobierno local o, mas frecuentemente, por una asociación entre el gobierno local y una empresa privada. Este tipo de acuerdo permite que el proyecto tenga acceso a los mercados de capital a la hora de construir la instalación. También posibilita contar con la flexibilidad operacional de una empresa privada en relación a los incentivos basados en el rendimiento.

Los criterios de ingeniería que hay que tener en cuenta en la implantación de IRM incluyen: 1) definición de las funciones de la IRM, 2) selección de los materiales que serán separados, 3) identificación de las especificaciones materiales que hay que cumplir actualmente y en el futuro, 4) desarrollo de diagramas de flujo del proceso de separación, 5) determinación de capacidad del proceso, 6) trazado y diseño de instalaciones físicas, 7) selección del equipamiento e instalaciones que serán utilizados, 8) controles ambientales, y 9) consideraciones de estética.

Las funciones de una IRM dependen directamente de 1) el papel que la IRM va a jugar en el sistema de gestión de residuos 2) los tipos de materiales que

serán recuperados, 3) la forma en que los materiales que hay que recuperar serán entregados a la IRM y 4) la puesta en contenedor y almacenamiento e materiales procesados para el comprador.

Para manejar, mover y almacenar los materiales residuales en las IRM, se utiliza lo siguiente: cintas transportadoras, instalaciones transportadoras conjuntamente con separación manual de residuos, básculas e instalaciones de almacenamiento.

Transportadoras

Las transportadoras trasladan los residuos de un lugar a otro. Los tipos principales de transportadoras utilizadas en la gestión de residuos sólidos se pueden clasificar como bisagra, articuladas, delantal, bandas, tornillos, vibradoras y neumáticas.

Las que se utilizan mas frecuentemente para la manipulación de residuos sólidos son las transportadoras horizontales e inclinadas, que llevan el material por encima de la cinta, y transportadoras de las bandas equipadas con listones transversales para arrastrar el material.

El transporte de residuos sólidos no seleccionados y sin procesamiento con cintas transportadoras no esta ausente de problemas. Las cintas se dañan por la caída de residuos sólidos sobre ellas, especialmente los que contienen componentes pesados que a menudo se encuentran en los residuos urbanos.

La separación manual de residuos en una IRM normalmente se lleva a cabo seleccionando los componentes individuales de residuos mientras pasa el flujo de residuos sobre una cinta transportadora sin fin. La mayoría de las instalaciones utilizadas para la separación de componentes de residuos están elevadas para que se puedan dejar caer los componentes separados a través de conductos que llevaran el material a contenedores localizados debajo de los mismos. Para mejorar la separación de componentes de residuos a partir de RSU no seleccionados, hay que romper las bolsas de plástico utilizadas para el almacenamiento in situ de residuos, y sus contenidos han de ser esparcidos sobre la cinta.

Transportadoras neumáticas

El transporte neumático se puede definir como el transporte de materiales utilizando el aire como medio de transporte. Dos tipos de sistemas de transporte neumático (presión positiva y vacío). Las transportadoras neumáticas ofrecen una considerable flexibilidad de diseño porque se puede trazar la tubería como sea preciso.

El uso de palas frontales y elevadoras para mover materiales es general en la operación de las IRMs. Los RSU no seleccionados descargados por los

vehículos de recogida sobre el suelo de recepción de una IRM son, entonces, cargados o empujados con una pala frontal a una cinta transportadora para su procesamiento adicional. También se utilizan palas frontales para cargar materiales después de su procesamiento, por ejemplo la carga de residuos de madera triturados en camiones para su transporte a clientes alejados del lugar. Las elevadoras se utilizan casi exclusivamente para mover materiales embalados desde las maquinas de embalaje hasta zonas de almacenamiento y después cargarlos en camiones para su transporte al mercado.

Instalaciones de pesaje

Las instalaciones de pesaje son una parte importante de cualquier IRM. Se utilizan básculas de varios tipos para pesar las cantidades de residuos entregados, recuperados, vendidos y evacuados.

Los tipos de instalaciones de pesaje utilizadas en las IRMs, varían desde básculas pequeñas utilizadas para pesar las cantidades de residuos llevados por particulares hasta básculas de plataforma para pesar vehículos de recogida.

Instalaciones de almacenamiento

Los materiales que han sido separados y procesados tienen que ser almacenados hasta que un comprador los recoja.

En algunas instalaciones, se proporciona espacio para mostrar los materiales a los compradores, normalmente semanal o mensualmente. La cantidad de

espacio para el almacenamiento proporcionado en la IRM es establecido por el operador del sistema IRM en coordinación con los compradores de materiales.

6.7 Evacuación

Después que el residuo ha sido tratado este se encuentra listo para su disposición. La forma y tipo del residuo determina en gran parte donde la disposición será permitida. Un limitado grupo de residuos puede ser dispuesto por inyección a pozos profundos y en descargas submarinas a océanos, muchos residuos gaseosos y particulados son dispuestos en la atmósfera.

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población. Es un sistema de tratamiento y, a la vez disposición final de residuos sólidos en donde se establecen condiciones para que la actividad microbiana sea de tipo anaeróbico (ausencia de oxígeno). Este tipo de método es el más recomendado para realizar la disposición final en países como Chile, pues se adapta muy bien a la composición y cantidad de residuos sólidos urbanos producidos.

La definición más aceptada de relleno sanitario es la dada por la sociedad de ingenieros civiles (ASCE); Relleno sanitario es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública.

Este método, que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada.

Los siguientes son requerimientos generales de los rellenos sanitarios:

- El sitio debe tener espacio necesario para almacenar los residuos generados por el área en el plazo definido por el diseño.
- El sitio es diseñado, localizado y propuesto para ser operado de forma que la salud, las condiciones ambientales y el bienestar sea garantizado.
- El sitio es localizado de manera de minimizar la incompatibilidad con las características de los alrededores y de minimizar el efecto en los avalúos de estos terrenos.
- El plan de operación del sitio se diseña para minimizar el riesgo de fuego, derrames y otros accidentes operacionales en los alrededores.
- El diseño del plan de acceso al sitio se debe hacer de forma de minimizar el impacto en los flujos.

La deposición de desechos en rellenos sanitarios sin aislamiento del suelo, de la capa freática y de la atmósfera es el método de eliminación de desechos más extendido a nivel mundial. Esto amenaza la salud de la población y tiene efectos nocivos sobre el medio ambiente, a causa de las emisiones resultantes. Como consecuencia de la deposición de desechos se producen lixiviados, un líquido altamente contaminado que puede, a su vez, contaminar las aguas subterráneas y el agua potable. También pueden ser liberados gases explosivos. Este contribuye al calentamiento global del planeta, perjudicando de esta manera al clima. Los malos olores, animales dañinos y los incendios en los rellenos sanitarios afectan negativamente a los entornos. Debido a esto, está aumentando la resistencia contra los rellenos sanitarios y cada vez es más difícil encontrar sitios adecuados y aceptados por la población.

CAPITULO 7

RECICLAJE

7. RECICLAJE

Reciclaje es un término utilizado de manera general para describir el proceso de utilización de partes o elementos de un artículo, tecnología, aparato que todavía pueden ser usados, a pesar de pertenecer a algo que ya llegó al final de su vida

El reciclaje sigue siendo uno de esos conceptos evasivos sobre el que todo el mundo piensa que tiene una idea clara hasta que empieza a practicarlos.

Aunque la mayoría de la gente comprende las tareas necesarias para participar, las sutilezas para la interacción de los sectores público y privado, son imprescindibles para devolver los materiales a la industria en forma de materias primas y los métodos empleados para hacerlo requieren definiciones que no procedan del lenguaje común y sean elaboradas mediante la ley.

El reciclaje se produce por tres razones básicas: altruistas, imperativos económicos y consideraciones legales.

En la primera de ellas es evidente que la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos responde a los intereses generales de todo el mundo.

En la segunda, el costo evitado para una evacuación de residuos ambientalmente aceptable se ha incrementado tanto que, cuando se combina

con otros costos asociados al reciclaje, adquiere sentido, desde el punto de vista económico, el reciclaje de muchos de los materiales.

Factores que influyen en la motivación para el reciclaje:

- La credibilidad de una fuente de información o de una petición
- El contexto en el que se entrega la información
- La frecuencia con la que se entrega la información
- La relatividad en la petición de acción
- El grado en el que un incentivo es de naturaleza social o económica
- El grado en el que un individuo ya está predispuesto hacia un comportamiento determinado.

El reciclaje de los materiales encontrados en los residuos sólidos urbanos implica:

1. La recuperación de materiales del flujo de residuos;
2. El procesamiento intermedio como puede ser la selección y la compactación;
3. El transporte
4. El procesamiento final para proporcionar materia prima para los fabricantes o bien un producto final.

Las principales ventajas del reciclaje son la conservación de los recursos naturales y del espacio del vertedero; sin embargo la recogida y el transporte de materiales requiere cantidades sustanciales de energía y de mano de obra e

históricamente la mayoría de los programas de reciclaje han tenido y tienen subvenciones económicas.

Los requisitos para el éxito de un programa son:

- la existencia de una fuerte demanda para los materiales recuperados
- un valor de mercado para los materiales que sea suficiente como para cubrir los costos de energía y transporte.

Consideraciones claves para el reciclaje de materiales

Las consideraciones fundamentales en el reciclaje de materiales incluyen la identificación de:

- 1) Los materiales que se van a desviar del flujo de residuos,
- 2) Las posibilidades de reutilización y reciclaje
- 3) Las especificaciones de los compradores de materiales recuperados.

7.1 Reciclaje de papel

a) Papel Periódico

GENERACION

Las tres principales formas de generación del papel de periódico utilizado en el reciclaje son:

- Sobretiradas de la editorial
- Separación origen domestico, a nivel municipal
- Recuperación comercial

Los esfuerzos reciclados a menudo incluyen cualquier combinación de estas formas de generación, así como individualmente cualquiera de ellas.

Las editoriales de periódicos normalmente reciclan los periódicos sobrantes y los envían directamente hasta las fábricas de destintamiento o de materiales aislantes.

Los gobiernos municipales generan papel de periódico usado (PPU) para su reciclaje mediante los programas domésticos de separación y recolección en la calle, así como mediante los centros de recolección selectiva y, ocasionalmente, utilizando centro de recompra.

Esta claro que el más popular y eficaz de estos métodos es el programa en la calle. El reciclaje en la calle es cómodo para los residentes. Involucra a barrios y comunidades enteras en la consecución de los objetivos locales de reciclaje. Permite la recuperación de un material con una relativamente alta calidad, ya que se dispone del material inmediatamente después de ser utilizado por el

residente. El reciclaje en acera facilita el control de la eficacia y participación dentro de un área específica.

Separación

Para asegurar la calidad y minimizar la manipulación y el procesamiento, el PPU debe separarse de todos los demás residuos en el punto de generación, o en el punto más cercano al mismo.

Los usuarios finales rechazarán cargamentos completos de PPU cuando exista la posibilidad de que el papel haya estado, en algún momento, en contacto con los residuos sólidos urbanos.

Las medidas necesarias para controlar la calidad, los vectores y los olores, serían demasiado costosas como para permitirse el aceptar un papel contaminado de esta forma.

Hay que tener cuidado para mantener el PPU separado de los envases de vidrio, del metal y del plástico donde existan programas de reciclaje multimateriales. La contaminación con la comida o bebida pueden dejar al papel inservible.

Los programas en la calle permiten una correcta separación, siempre y cuando los residentes hayan sido instruidos acerca de la preparación de los reciclables para su colocación.

Unas buenas instrucciones son igualmente importantes para mantener la calidad en los demás programas de reciclaje.

También hay que tener cuidado para prevenir la contaminación del papel durante la recolección, carga, transporte, descarga, procesamiento y almacenamiento.

Recolección

Los objetivos más importantes en el proceso de recolección son la rentabilidad y la comodidad para los participantes. Los programas de recolección en la calle pueden diseñarse utilizando las rutas, días y horas de recolección que ya existen para las basuras.

Con algunas modificaciones, como rejillas o remolques, se puede usar también el mismo tiempo.

Cuando los residuos se recolectan por más de un día a la semana, normalmente se designa uno de los días para la colocación de los reciclables.

La recolección en la calle suele ser cómoda para los residentes ya que es el sistema que requiere menos cambios en los hábitos.

La provisión de contenedores destinados a la recolección en la calle de los reciclables suele ser beneficiosa tanto para los residentes como para los operarios.

Procesamiento

La instalación de procesamiento informara sobre la calidad general, así como sobre el nivel específico de contaminantes. La mayoría de los problemas de calidad provendrán de las guías telefónicas, los libros blandos y duros, revistas y correo.

El nivel de contaminación indicara bien que se ha informado a los participantes sobre lo que es aceptable e indicara el éxito de los operarios a la hora de desviar contaminantes y reforzar los requisitos de calidad.

La rapidez con la que el vehículo descarga y sale de la instalación es importante para la rentabilidad del sistema de recolección.

En condiciones normales, una instalación de procesamiento debe pesar, descargar y volver a pesar, antes de su salida, a cualquiera de los vehículos de recolección de uso común en no más de quince - veinte minutos.

Después de pasar el vehículo, el papel se descarga sobre el suelo, cerca del sistema que lo transportara a la embaladora.

Después de inspeccionar el material, el operario informara al conductor sobre cualquier problema de calidad. A continuación se acepta el papel y se empuja con una pala frontal hasta la transportadora, donde los operarios de selección separaran los contaminantes en el viaje del papel a las embaladoras. El papel embalado se almacena hasta que sea transportado a la fábrica.

Comercialización

El reciclaje para tener éxito, debe ser conducido por los mercados. Aun mas preciso, el reciclaje debe estar guiado por la demanda del producto final. Esto tiene implicaciones muy importantes a corto y largo plazo para cualquier entidad que planifique establecer y sostener un sistema o programa de reciclaje.

Los pasos a dar una buena comercialización del PPU incluyen:

- Adquirir un conocimiento sobre el mercado general para el PPU
- Investigar individualmente cada mercado accesible
- Realizar negociaciones informales con representantes comerciales
- Solicitar propuestas formales
- Evaluar las propuestas
- Entrar en negociaciones
- Desarrollar un acuerdo legal
- Preparar la implantación
- Implantar las provisiones del contrato
- Supervisar el rendimiento

Cada paso es vital en el proceso. Las discusiones documentadas proporcionan una valiosa información. Las propuestas formales normalmente facilitaran la negociación.

Es necesario un tiempo entre la puesta en marcha del acuerdo y la implantación de sus provisiones para que cada parte pueda preparar el equipo, la plantilla y otros recursos.

7.2 Cartón

Generación

La mayoría de las CCV que se pueden conseguir fácilmente para el reciclaje proceden de tiendas de comestible y de otros bienes de consumo y los sistemas de distribución que suministran estos establecimientos. El cartón ondulado sigue siendo el envase más eficaz para el transporte de los bienes hasta el mercado.

Separación

Debe diseñarse un sistema para separar el cartón ondulado de todos los demás residuos. La separación deberá tener lugar allí donde se vacían las cajas. Esto minimiza la manipulación y las posibilidades de contaminación. Debe designarse zonas de almacenamiento o de transferencia. Las CCV deberían protegerse de la contaminación hasta la preparación final para su comercialización.

Recolección

La mayoría de los mercados no recolectan las CCV sueltas; sin embargo, si las aceptan si se entregan. Muchas compañías dedicadas al transporte y a la disposición de residuos están experimentando con rutas de recolección para las CCV sueltas.

Procesamiento

En el punto de generación solo implica sistemas eficaces de manipulación y de control de la calidad. El procesamiento en el mercado proporciona al generador una información valiosa sobre la calidad. La información que llega desde el centro de procesamiento o fabrica facilitara las medidas posibles para la obtención de un producto con mayor calidad, mejorando así su potencial mercantil.

Comercialización

La dinámica, los conceptos y los principios discutidos para la comercialización del PPU también se aplican a las CCV. Las CCV se utilizan para fabricar material de construcción, especialmente tabla de fibra prensada. Las CCV se usan además para fabricar los componentes de las cajas de cartón nuevas: el forro y el medio ondulado. Otro producto final es el cartón reciclado.

Papel de oficina

Sistemas de recolección y comercialización

Los programas para reciclar el papel de oficina son relativamente sencillos de diseñar y gestionar. Hoy en día existen tres tipos básicos de sistemas para separar el papel de oficina. Estos sistemas son:

- 1) El sistema sobremesa con contenedores para la recolección interna
- 2) El sistema de contenedores para una recolección centralizada

3) El sistema de recolección externa alimentado por los contenedores internos.

El primero se utiliza más frecuentemente cuando el papel se genera por parte de los empleados y en departamentos con despachos. Se usa una bandeja o caja sobre la mesa para contener el papel designado para el reciclaje mientras todos los demás residuos de la oficina entran en el sistema normal.

El segundo sistema que utiliza solamente contenedores centrales, se emplea cuando la generación del papel no se limita específicamente a despachos, como en el caso de las imprentas y los departamentos dedicados al proceso de datos.

El tercer sistema con contenedores externos alimentados por los contenedores centrales internos, se utiliza cuando se recuperan grandes volúmenes de una calidad determinada de papel o de calidades mezcladas.

Con cualquier de estos sistemas, la formación continua de los empleados debe formar parte del programa si este esta bien planificado. Los sistemas pueden combinarse para cumplir las necesidades de los grandes generadores y cuando el papel se genere en despachos y fuera de los despachos simultáneamente.

Programa paso a paso para el reciclaje del papel de oficina

Paso 1: Realiza un conteo de los residuos de oficina

Paso 2: Crear un sistema practico de recolección

Paso 3: Mantenerse informado sobre las mejoras

Paso 4: Apoyo de la Dirección

Paso 5: Controlar y mantener el interés

7.3 ENVASES DE ALUMINIO

Para tener éxito en un programa de reciclaje de latas de aluminio debe haber una interacción entre diversas entidades, incluyendo aquellas implicadas en la recolección, selección, procesamiento, recuperación y reutilización. Existen tres sectores de generadores de los que pueden recuperarse latas de aluminio: doméstico, comercial e industrial. A continuación se describen las prácticas de recolección para cada uno de estos sectores.

RECOLECCIÓN DOMESTICA. Las comunidades tienen tres alternativas básicas para la recolección de las latas de aluminio: centros de recolección, selectiva, centros de recompra y programas de recolección en acera. Los dos primeros requieren que los residentes lleven sus latas de aluminio y otros materiales separados en origen, hasta una localización específica. Según el tamaño de la comunidad, pueden ser necesarios múltiples centros para que la recolección sea cómoda para todos los residentes. La única diferencia entre los centros de recolección selectiva y los de recompra es que en estos últimos los reciclables se compran.

RECOLECCIÓN COMERCIAL – INSTITUCIONAL. El sector comercial puede ser un gran generador de materiales reciclables, según el número de establecimientos dentro de la zona del programa y según el tipo y el volumen

del negocio realizado. En el diseño de un programa de reciclaje comercial para recuperar latas de aluminio los establecimientos comerciales más grandes deberían considerar la designación de un coordinador para el programa de reciclaje, que sería el responsable del diseño del programa, la implantación y la supervisión de las operaciones. La determinación de los tipos de materiales generados por la empresa es el primer paso en el desarrollo de un programa. El paso siguiente sería determinar la cantidad aproximada de latas de aluminio generadas con el fin de determinar el volumen resultante del material. Después se debe contactar con los mercados para establecer la forma de preparación de las latas.

RECOLECCIÓN EN FÁBRICAS. Las entidades manufactureras que gozan de una capacidad propia de fundición, probablemente, recuperaran la chatarra de aluminio generada en su propio proceso de fabricación.

Los sobrantes de chatarra generados durante la producción o los productos que no cumplan las especificaciones pueden, bajo determinadas circunstancias, ser devueltos directamente al proceso de fabricación y, de este modo, no entrar en el flujo de residuos sólidos.

Métodos para separar el aluminio de otros reciclables.

Existen diversos métodos para separar el aluminio de los otros reciclables cuando se recolectan en un estado no seleccionado. La selección manual es el

método mas común, emplea muchas personas, pero se utiliza en muchas IRM (instalaciones para la recuperación de materiales). El método implica que unos empleados, posicionados a lo largo de unas cintas transportadoras, lleven a cabo una selección física, en sus diversos componentes, de los reciclables no seleccionados. La mayoría de los sistemas para el procesamiento de los reciclables mezclados incorporan un separador magnético dentro de la línea de procesamiento, con la finalidad de separar los materiales férricos; de esta forma, se facilita la identificación de las latas de aluminio.

La separación manual de los EBU (envases usados para bebidas) en las grandes instalaciones normalmente, emplea a demasiadas personas. En estos casos, a menudo se utilizan métodos de separación mecánicos. Uno de los sistemas mecánicos que se emplea ampliamente en las IRM es el separador no férreo o imán por corriente Foucault. Cuando los reciclables no seleccionados que están sobre la cinta transportadora llegan hasta la posición del campo magnético, el aluminio, debido a su capacidad para retener la carga eléctrica, es lanzado a una tolva o arrastrado por el campo magnético.

Comercialización

Cuando se fabrican nuevos productos a partir de EBU, puede considerarse completado el círculo del reciclaje. El componente más importante de un programa de reciclaje es la identificación, elección y obtención de los mercados para EBU. El método de recolección empleado para el programa de reciclaje y

la forma en la que se vende el material dependerán de las especificaciones del mercado. Existen tres tipos principales de mercados para las latas de aluminio: intermediarios, procesadores y usuarios finales.

Los intermediarios para la chatarra de aluminio son empresas que compran y venden materiales reciclables, recuperados de una forma procesada o no procesada. Por lo general, los intermediarios no procesan los materiales, solo sirven de intermediarios entre el generador y el procesador o entre el procesador y el usuario final. Por lo tanto, compran consolidan y revenden materiales, proporcionando una valiosa salida a muchos programas de reciclaje.

Los procesadores aceptan latas de aluminio de los programas municipales de las empresas postindustriales y de los intermediarios. También aceptan aluminio de algunas IRM que separan, pero no embalan o densifican el material. En el caso del aluminio, el procesador puede comprar latas de aluminio sueltas de un Ayuntamiento y embalarlas para venderlas a un usuario final.

Los usuarios finales son aquellos fabricantes que limpian y funden el aluminio para elaborar laminas, lingotes o bloques de aluminio, que serán reutilizados en la fabricación de latas nuevas u otros artículos, como, por ejemplo, carrocerías de aviones o camiones. Muchos usuarios finales de aluminio compran

materiales, procesados o no procesados, directamente de los programas municipales cercanos a sus instalaciones.

7.4 VIDRIO

Hace menos de una generación, los botes y las botellas se fabricaban solamente con vidrio. Durante los últimos veinte años se ha utilizado polietileno de alta densidad (PE-HD) y polietileno tereftalato (PET) para hacer envases de comidas y bebidas. En los últimos diez años se han utilizado también materiales con combinaciones de papel laminado y papel metálico para envasar comidas y bebidas.

El vidrio para envases es el vidrio utilizado para la fabricación de botes y botellas. Es el vidrio de las botellas de refrescos y cerveza, de los botes de mayonesa y conservas, de los botes de comidas para bebés, de las botellas de vino y licores, además de otras comidas y bebidas envasadas.

El vidrio para envases es el único vidrio que en la actualidad se recicla en grandes cantidades. El vidrio de ventanas, bombillas, espejos, platos de cerámica, vasos, recipientes para el horno y fibra de vidrio no es reciclable junto con el vidrio de envases, y se considera contaminante en el reciclaje de los mismos.

El bote o la botella de vidrio son únicos en la industria de los reciclables.

Una botella de vidrio que pese 340 gramos, cuando se funde y se vuelve a formar, dará lugar a una botella de 340 gramos, sin ninguna pérdida de calidad. No se genera ningún residuo o producto secundario en el proceso de refabricación, y el mismo vidrio puede hacerse y rehacerse de forma repetida para formar una botella de 340 gramos. Esta característica hace del vidrio uno de los pocos bienes fabricados que es al 100 por 100 reciclables.

Recuperación de los envases de vidrio

Durante años, el envase de vidrio fue un producto reutilizable que se devolvió a la empresa embotelladora o envasadora para su lavado y relleno. Algunos ejemplos familiares de este proceso de recuperación son las botellas retornables de leche, refrescos y cerveza, y los botes para determinados alimentos, como vegetales, frutas y mermeladas. Las comidas y bebidas que no se envasaban en botes y botellas se envasaban en latas de hojalata.

Tradicionalmente, el calcin era el vidrio recuperado en las roturas y rechazos que se producían en los procesos de fabricación, lavado o embotellado. La era de los envases de vidrio <<sin depósito – no retornables>>, y de otras formas de envases >>nuevos y mejorados>> para los alimentos (por ejemplo, envases de aluminio y plásticos), enviaron la mayoría de los envases de vidrio al flujo de los residuos evacuables.

El cambio en la evacuación del vidrio posconsumidor llegó con las distintas prácticas de recolección de residuos sólidos. Por lo general, los envases de vidrios recuperados y devueltos para su refabricación son el resultado de una serie de prácticas, realizadas para la recuperación de los materiales, que:

- Recuperan envases de vidrio en respuesta a la legislación que prohíbe su evacuación en los vertederos, e incluye el pago de un depósito sobre el envase.
- Recuperan envases de vidrio en centros de recolección dedicados a la separación de reciclables.
- Recuperan los envases de vidrio procedentes de fuentes comerciales.
- Recuperan los envases de vidrio a partir de reciclables mezclados, que normalmente incluyen: papel, vidrio, aluminio y plásticos.
- Recuperan envases de vidrio en plantas de procesamiento para los residuos sólidos.
- Recuperan vidrios rotos y rechazos procedentes del proceso de fabricación de envases de vidrio y de la industria envasadora.

Centros de recolección selectiva

Los envases de vidrio frecuentemente se recuperan en centros de recolección selectiva; estos centros recolectan diversos reciclables separados en origen. Los usuarios de estas instalaciones son fundamentalmente ciudadanos que participan en programas voluntarios, pero estas instalaciones se incorporan también en muchos programas voluntarios, pero estas instalaciones se incorporan también en muchos programas de reciclaje, voluntarios u obligatorios. Los envases de vidrio llegan ya separados o son fáciles de separar cuando se reciben. Generalmente, se almacenan en depósitos según el color (verde, marrón, blanco y mezclado. El vidrio puede ser procesado in situ o no ser procesado antes de su transporte hasta el mercado. Cuando se procesa, normalmente se realiza:

- Una reducción del volumen mediante trituración.
- Una limpieza mediante cribado para separar los anillos metálicos, las etiquetas de papel y otros extraños.
- Una separación por colores en diversos tipos de contenedor para su transporte a granel.

Separación y recolección en acera

Los envases de vidrio procedente del flujo de residuos doméstico se recolectan, a gran escala, mediante los sistemas de recolección en acera. Normalmente, los residentes tienen que separar algunos reciclables específicos del resto de las basuras depositadas. Por lo tanto, los reciclables se agregan por tipos, o en mezclas que el operario puede seleccionar adicionalmente en la acera, o más adelante, en una instalación de separación y procesamiento. Este tipo de sistemas de separación en origen, con recolección en acera, son los preferidos por los ciudadanos debido a su relativa comodidad. Sin embargo, los programas de concienciación deben ser intensivos y específicos, con el fin de fomentar la participación voluntaria y educar a los residentes sobre los requisitos de limpieza y separación por colores.

Después de la recolección en acera, los reciclables mezclados o separados se almacenan para su procesamiento y transporte hasta los mercados preconcertados.

Recuperación en los sistemas de procesamiento de residuos sólidos

Los sistemas que procesan residuos sólidos han adoptado diversas configuraciones desde principios de los años setenta.

Mayoritariamente, el componente de vidrio se manipula según sus propiedades físicas, por ejemplo: su densidad o el tamaño de sus partículas. El vidrio generalmente forma parte de la fracción <<gravilla>> que se vende como árido

o se evacua en los vertederos. Los sistemas de procesamiento que fabrican combustible derivado de residuos (CDR), generalmente, separan el vidrio del producto combustible.

Los más recientes sistemas para el procesamiento de residuos sólidos están centrándose en la obtención de un producto orgánico que pueda venderse como compost comercial. A la espera de acuerdos comerciales, el compost se aplica a menudo en la restauración de terrenos marginales. En estas instalaciones, los envases de vidrio se rompen o se trituran en el proceso de separación y reducción de volumen y entran en la mezcla de compost. Como partícula del tamaño de la arena, el vidrio es sílice, componente útil en el compost, que no implica ningún efecto dañino para las operaciones de recuperación de los terrenos.

En los sistemas de procesamiento para los residuos sólidos, algunos reciclables, como, por ejemplo, el aluminio, los férreos y el plástico, se separan antes de entrar en la línea de procesamiento. La recuperación normalmente se realiza mediante selección manual.

Si se desea, se pueden separar los envases de vidrio en las primeras etapas del proceso (selección), lográndose así envases enteros que pueden seleccionarse por colores para su procesamiento y venta a los fabricantes de envases de vidrio.

Procesamiento de envases de vidrio

El procesamiento de los envases de vidrio está directamente relacionado con el tipo de productos que serán fabricados y con el tipo de materiales que serán sustituidos por el calcin posconsumidor. En la industria del vidrio, siempre se ha introducido el calcin propio en el lote de producción, ya que se trata de una materia secundaria fiable y libre de contaminantes. Sin embargo la reutilización del vidrio de envases posconsumidor tardó muchos años en implantarse como un segmento de la industria del reciclaje.

Los requisitos básicos para emplear envases de vidrio usados en la fabricación de envases de vidrio nuevos no han cambiado desde que el calcin propio fue introducido por primera vez como un ingrediente secundario. El vidrio debe estar limpio, libre de tapas y anillos metálicos, y lo que es aun más importante, debe estar seleccionado por colores. Como consecuencia de estos criterios de fabricación, el procesamiento del vidrio ha evolucionado hasta incluir los pasos necesarios que garantizan una materia secundaria útil.

Uno de los elementos más comunes en los programas voluntarios de reciclaje ha sido el procesamiento de los envases de vidrio, lo que implicaba mucho tiempo. Los trabajadores dedicaban muchas horas a la rotura de botellas y botes de vidrio verde, marrón y blanco.

Los pasos básicos para el procesamiento del vidrio de envases son:

1. Lavado inicial, separación de tapas.
2. Separación por colores.
3. Reducción del volumen mediante trituración o rotura.
4. Preparación para su transporte al mercado
5. Beneficio propio.

Estos pasos se realizan en diversas etapas después de la recuperación posconsumidor y de la comercialización planificada del vidrio procesado.

Comercialización

Un buen reciclaje del vidrio de envases recuperado depende de la comercialización de un material seleccionado por colores y libre de contaminantes. Hasta ahora, el mayor mercado han sido los propios fabricantes de envases de vidrio. Cuando el vidrio recuperado no cumple las especificaciones del fabricante, puede utilizarse como árido en el glassphalt o como componente en el compost.

Este tipo de mercados, normalmente, depende de la disponibilidad local, y/o regional, de industrias que incorporen regularmente el vidrio de envase procesado a sus operaciones de fabricación. El vidrio se utiliza, o puede ser utilizado, en la fabricación de:

- Glassphalt, un asfalto con un porcentaje de vidrio triturado que se utiliza en las carreteras.

- Materiales de edificación y construcción, tales como ladrillos y tejas de arcillas, bloques, etc.; árido ligero para el hormigón y los plásticos; compuestos de polímeros de vidrio; foamglas para tablas de construcción y aislamiento.
- Pintura reflectante para señales viales (elaboradas con pequeñas esferas de vidrio).
- Aislamiento de lana de vidrio
- Postes para cables telefónicos y para vallas
- Enmiendas de suelo para mejorar el drenaje y la distribución de la humedad.
- Arena artificial para la restauración de playas
- Fibra de vidrio
- Abrasivos

7.5 Plásticos

La industria del plástico recicla anualmente varios miles de millones de kilogramos de termoplásticos procedentes de los recortes y canales secundarios de moldeo de su proceso de fabricación. Esto se denomina regranulado. Este material está relativamente limpio y generalmente formado por un solo polímero. Los recortes se recolectan y después se densifican o se trituran para mezclarlos con la resina virgen al principio del proceso. La

importancia de este proceso radica en el hecho que demuestra la reusabilidad de un material que de otra forma sería desechado.

Para reciclar cualquier material presente en los residuos, tiene que poder ser procesado en una materia prima viable y limpia. Esta materia prima debe fabricarse después en un producto. Este producto tiene que comercializarse y distribuirse, hay que encontrar clientes y convencerlos para comprar y seguir comprando dicho producto fabricado con materiales residuales.

Por lo tanto, el reciclaje requiere cuatro elementos:

- Recolección
- Selección de materias primas
- Recuperación de la materia prima para fabricar el producto
- Mercados y clientes que compren el producto.

El Instituto para las Botellas de Plástico de la Sociedad de la Industria del Plástico, Inc. (SPI), ha desarrollado un sistema de codificación voluntario que identifica las botellas y a otros envases según el tipo de material con el que están fabricados, ayudando así a los recicladores a seleccionar los envases según su composición de resina.

El sistema de codificación fue creado para proporcionar un sistema nacional uniforme que de respuesta a las necesidades de la industria del reciclaje, definidas por los propios recicladores y recolectores.

El código consiste en una flecha triangular con un número en el centro y unas letras debajo. La flecha triangular fue elegida para aislar y distinguir el código de otras letras, números e impresiones. El número, dentro y las letras, debajo, indican la resina utilizada para fabricar el envase; los envases con etiquetas o bases realizadas con otros materiales pueden codificarse según su material básico principal:

1 = PET (polietileno tereftalato).

2 = PE – HD (polietileno de alta densidad)

3 = PVC (policloruro de vinilo)

4 = PE – LD (polietileno de baja densidad)

5 = PP (polipropileno)

6 = PS (poliestireno)

7 = Otros.

Sistemas de recolección y selección

La metodología de selección que está desarrollándose más rápidamente es la instalación para la recuperación de materiales, o IRM. La mezcla no seleccionada de reciclables se entrega a una instalación diseñada para separar estos materiales en sus componentes, manualmente o mediante una

combinación de selección automática y manual. Las latas de acero y aluminio se separan fácilmente del vidrio y plástico mediante imanes y corrientes Foucault. El vidrio y los plásticos pueden separarse mediante sistemas mecánicos, después se separa de una forma adicional el vidrio, por colores y los polímeros del plástico; normalmente esta separación se realiza manualmente. La tecnología para mecanizar la separación de los plásticos está desarrollándose en un estudio piloto realizado por el Centro para el Reciclaje de Plásticos (CPRR) en Rutgers. Se ha demostrado que las botellas para bebidas se pueden separar de una forma totalmente mecánica en las siguientes categorías:

PVC	BOTELLAS DE AGUA
PET CLARO	REFRESCOS, VINO, LICORES
PET VERDE	REFRESCOS, VINO, LICORES
PE-HD	LECHE, AGUA, ZUMOS
PIGMENTADO	DETERGENTE, FARMACOS

El mecanismo consiste en detectar la presencia de las botellas sobre la cinta transportadora utilizando rayos de luz visibles para el PET y el PE-HD, y rayos X para el PVC. Una vez detectada, los dispositivos activados electrónicamente extraen la botella apropiada de la cinta. Después de la separación, los materiales se embalan para su transporte. Una persona asignada a la IRM negocia los precios para estos materiales con una lista de clientes que compran estos materiales.

Los plásticos son un componente valioso dentro de los residuos mezclados. Ocupan el segundo lugar en cuanto a valor después del aluminio y contribuyen, al menos en un 20 por 100, a los ingresos de la IRM.

Las posibilidades actuales indican que es económica y técnicamente viable para el país recolectar, separar y vender los componentes del flujo de residuos que se derivan de los periódicos usados y de los envases para bebidas.

Los envases para bebidas pueden ser de aluminio, acero, vidrio o plástico. Los mercados para estos valiosos materiales son fáciles de encontrar, y es relativamente fácil para los consumidores separarlos del flujo de residuos; además, también es rentable para una instalación de recuperación separarlos en sus componentes finales. Otra ventaja que presentan estos materiales consiste en que la educación del consumidor puede simplificarse en las primeras etapas del reciclaje.

Procesamiento de plásticos por tipos

Selección

El reciclaje implica procesar las basuras en componentes finitos para que cada componente pueda encajar en su propio espacio de mercado como materia prima; de la misma forma, para maximizar el valor de los plásticos, lo idóneo sería dividirlos lo máximo posible. Las tecnologías para separar los plásticos

posconsumidor en sus componentes entran en una de estas cuatro amplias categorías:

1. Macroselección de componentes
2. Microselección de componentes
3. Selección molecular de los componentes
4. Trato de los componentes en una mezcla de no seleccionados

La macroselección implica tomar los artículos desechados y separarlos en diferentes componentes manipulando cada artículo individual. Un ejemplo excelente sería la separación de las botellas PET para refrescos de las botellas PE-HD para leche. Esto se puede realizar mediante una operación manual o automática. La macroselección permite la separación de un amplio número de materiales. La identificación del polímero se ha solucionado en parte gracias a la codificación establecida por la Sociedad de la Industria del Plástico (SPI). Este código, un número con un triángulo alrededor, aparece moldeado en el envase rígido.

La microselección implica la separación de los polímeros por tipos, después de haber sido triturados y cortados en pequeños trozos de, aproximadamente, 3-6 mm de diámetro. Actualmente, la microseparación comercial se aplica a las botellas de PET de refrescos, ya que es posible triturar la botella y separar los trozos de PET y de PE-HD para obtener un producto de alta calidad. Esto implica utilizar una tecnología de flotación extraída de la industria minera,

donde los materiales se separan por flotación aprovechando las diferencias de densidad.

7.6 PILAS

Actualmente no se conoce ningún estudio que evalúe el impacto al ambiente ocasionado por la utilización y manejo inadecuado de pilas y baterías en México; se sabe que varios componentes usados en su fabricación son tóxicos y por tanto la contaminación ambiental y los riesgos de afectar la salud y los ecosistemas dependen de la forma, lugar y volumen en que se ha dispuesto o tratado este tipo de residuos. Dado lo anterior, se calcula que en los últimos 43 años, en México se han liberado al ambiente aproximadamente 635 mil toneladas de pilas, cuyos contenidos incluyen elementos inocuos al ambiente y a la salud.

Las pilas son dispositivos que convierten la energía química generada por la reacción de sus componentes en energía eléctrica. Sus partes internas esenciales son un electrodo positivo y un electrodo negativo (llamados ánodo y cátodo). Dependiendo del tipo de pila, sus componentes están constituidos por sustancias tóxicas como el Hg, Pb, Ni, y Cd, y otras veces por elementos no tóxicos como el Zn, que en cantidades balanceadas forma parte de nuestro organismo. El tercer componente es un conductor iónico denominado electrolito.

Existen cinco pilas primarias comunes: alcalino- manganesa, carbono – zinc, oxido mercúrico, cinc – aire y oxido de plata. La pila alcalino – manganesa es la mas común y se utiliza en artículos como linternas, juguetes, radios, cámaras fotográficas, etc. Normalmente estas pilas se presentan en diferentes tamaños: AAA, AA, C, D y 9-V. hasta 1989, la típica pila alcalina contenía hasta un 1 por 100 (en peso) de mercurio. Durante 1990, al menos tres grandes fabricantes de pilas comenzaron a comercializar pilas alcalinas con menos de un 0.025 por 100 de mercurio. Estas pilas alcalinas, nuevas en el mercado contienen aproximadamente una décima parte de la cantidad de mercurio que contenían las pilas alcalinas típicas.

Tabla 7.1 Pilas domesticas comunes>: tipos, componentes, tamaños y usos.

Tipos, comunes y tamaños	Cátodo	Ánodo	Electrolito	Usos comunes
Alcalina: 9-V, D, C, AA, AAA, botón.	Dióxido de manganeso	Cinc	Disolución alcalina	Casetes, radios
Carbono-cinc: 9-V, D, C, AA,AAA; Carbono-cinc de trabajo pesado:9-V, D,C.AA,AAA	Dióxido de manganeso	Cinc	Amonio y/o cloro; cloro cinc	Linternas, juguetes
Litio: 9-V, C, AA, botón.	Diversos óxidos metálicos	Litio	Disolución orgánica o disolución salina	maquinas fotográficas calculadoras, relojes
Mercurio: D, C, AA, AAA, botón, algunas cilíndricas	Oxido de mercurio	Cinc	Disolución alcalina	Audífonos, marcapasos fotografía Fotografía, herramientas
Cadmio-níquel: 9-V, D, C, AA, AAA.	Oxido de níquel	Cadmio	Disolución alcalina	Audífonos, relojes fotografía
Plata: botón	Oxido de plata	Cinc	Disolución alcalina	Audífonos, buscas.
Cinc: botón	Oxigeno	Cinc	Disolución alcalina	

Posibilidades de reutilización y reciclaje

La mayoría de los consumidores no saben que las pilas domésticas son una fuente potencial de metales tóxicos y pocos estados y municipios intentan recuperarlas. En los pocos programas que existen, se recogen la mayoría de las pilas en tiendas de bienes de consumo eléctricos, en joyerías y en algunas RSU. El reciclaje es difícil porque muy pocas compañías tienen la tecnología para procesar las pilas domésticas y no hay una infraestructura de recogida conveniente. Además las pilas botón mezcladas son difíciles de seleccionar y pueden presentar un peligro de almacenamiento debido a emisiones de vapor de mercurio. Otro obstáculo es que las pilas tienen que ser separadas individualmente para cumplir con los requisitos federales de transporte.

Los consumidores no deberían desechar las pilas con los residuos domésticos, sino que deberían entregarlas durante promociones de recogida especiales o ponerse en contacto con agencias públicas que puedan evacuarlas correctamente. No son reciclables las pilas alcalinas y de cinc-plomo, y debido al contenido en mercurio deben evacuarse en vertederos de residuos peligrosos. Solamente son reciclables las pilas botón de óxido de mercurio y óxido de plata de níquel-cadmio. Aunque por un precio determinado un procesador desactivara y evacuara las pilas de litio.

CAPITULO 8

RELLENO SANITARIO

8. RELLENO SANITARIO

Para efectos de la Norma Oficial Mexicana, los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día, como se establece en la siguiente tabla:

Relleno tipo	RSU ingresados (t/d)	Modo de operación	Tipo de municipio
A	Mas de 100	Mecánica	Urbano
B	De 50 a 100	Mecánica	Urbano, Semirural y Rural
C	De 10 a 50	Mecánica y/o manual	Semirural y Rural
D	Menor a 10	Manual	Rural

Tabla 8.1 Características de los niveles de categorización para rellenos sanitarios.

8.1 Emplazamiento de un relleno sanitario

Lo primero en el proceso de emplazamiento es la intención de contar en la localidad o región con un relleno sanitario. Es importante que tanto las autoridades, organizaciones civiles, organizaciones gubernamentales y población en general conozcan el por que es necesario un sitio de disposición final ambientalmente seguro, y se les informe de todos los recursos que son necesarios y la responsabilidad que implica su operación, aun después de su clausura y/o de un posible aprovechamiento posterior del terreno.

Con la finalidad de conocer el estado que guarda el servicio de disposición final de los residuos sólidos en la localidad, se deberá partir de la elaboración de un diagnóstico que contemple los aspectos operativos, los recursos con que cuenta en la actualidad, la forma en que se administra el servicio y la problemática ambiental que se presenta en el sitio y los alrededores.

Del diagnóstico, que puede ser elaborado por personal del mismo municipio, se obtienen los parámetros básicos de diseño del relleno sanitario y se detecta la problemática a resolver.

Algunos de los parámetros básicos determinados en el diagnóstico son en primera instancia: la cantidad de residuos sólidos urbanos no peligrosos generados por la población en domicilios, comercios e industria local y la cantidad que de estos se depositan en el sitio.

Esta información, complementada con los datos de población y crecimiento anual poblacional, permiten visualizar las dimensiones requeridas del terreno para un relleno sanitario, dando lugar a la búsqueda de sitios dentro de la jurisdicción municipal que cumplan con las especificaciones marcadas en la normatividad.

Lo ideal sería que el municipio pudiera contar con varias opciones de terrenos factibles para el emplazamiento de un relleno sanitario, para que de esta

manera se pase a la etapa de selección del mejor sitio desde los puntos de vista ambiental, de construcción, de operación, económico y con aceptación social, conforme a los requisitos de la normatividad vigente.

La experiencia demuestra que un sitio bien seleccionado reduce significativamente los costos de construcción y operación.

La autoridad municipal debe someter a valoración y dictaminación oficial los predios factibles, a fin de obtener la prefactibilidad antes de comenzar con los estudios básicos del proyecto ejecutivo.

Solo hasta que uno de los sitios ha obtenido la prefactibilidad se deberán efectuar los estudios y análisis de campo correspondientes, ya que esta es un parte del proceso de emplazamiento que representa un desembolso económico.

Los resultados obtenidos se emplean para la parte de diseño del proyecto ejecutivo, además soportan la información requerida para la manifestación de impacto ambiental.

Aunque generalmente se considera que la realización de estos estudios son un fuerte desembolso, una buena planeación compensa esta inversión posteriormente, durante la realización y operación

Una de las partes fundamentales en este proceso de emplazamiento, es el desarrollo del proyecto ejecutivo del relleno sanitario, en donde se diseñaran todos los aspectos relacionados con la preparación del sitio, construcción, operación, control, monitoreo y clausura.

Otro de los requisitos para obtener la autorización en materia de impacto ambiental es la presentación de los estudios ambientales correspondientes. De este estudio se establecerán las medidas de mitigación y amortiguamiento que deberán ejecutarse en el relleno sanitario.

Una vez que el proyecto ejecutivo y el estudio de impacto ambiental del relleno sanitario han recibido la autorización se dará inicio a la ejecución de obras.

El municipio que requiera del desarrollo del proyecto ejecutivo de un relleno sanitario, deberá considerar quienes podrían realizar estos trabajos. Ya sea que el municipio con su propio personal elabore el proyecto, o que lo encargue a una empresa consultora.

8.2 DIAGNOSTICO DEL SERVICIO DE DISPOSICION FINAL

El objetivo del diagnostico es resaltar la información necesaria para obtener los criterios de diseño que en cada etapa permitan la proyección del relleno sanitario.

Se analizan y estudian las características principales de la generación de residuos y el sistema de disposición final empleado; se hace énfasis en su manejo en los rubros administrativo, financiero, operativo, jurídico y social.

De ahí surgen las bases para evaluar la problemática integral y las alternativas de mejoramiento del servicio, así como retomar la información necesaria para obtener los criterios de diseño que permitan la proyección del relleno sanitario en cada una de sus etapas.

Tabla 8.2 Fuentes de información para la elaboración del diagnóstico del servicio de disposición final.

CARACTERISTICA	DESCRIPCION	FUENTE INFORMATIVA
Ubicación de la localidad	Limites geográficos	INEGI
Población	Numero de habitantes	Censo general de población y vivienda, INEGI.

	Tasas de crecimiento	
Servicio de limpia	Características del servicio.	Servicio de limpia
Disposición final actual	Características del servicio.	Descripción de visita de campo y documentación que al respecto se tenga del sitio de disposición.
Generación de residuos sólidos urbanos	Cantidad de basura generada. Cantidad de basura ingresada al sitio de disposición final.	A través de datos estadísticos. Datos estadísticos de pesaje de camiones recolectores.

8.3 CONDICIONES RELEVANTES PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO

La selección del sitio se debe sustentar en los requisitos establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003, apoyados en una serie de estudios de metodología específica, descrita y justificada por quien desarrolle el estudio.

Para la selección se consideran los criterios relativos a: salud pública; seguridad; ambiente natural; ambiente social; cultural y costo económico.

La NOM presenta especificaciones para la selección de sitios, considerando de entrada una serie de restricciones (donde no ubicar un relleno sanitario), así como las características particulares que un sitio deberá cumplir, las cuales se verificarán mediante una serie de estudios previos a nivel regional y posteriormente en el sitio seleccionado.

Los estudios se efectúan en tres niveles: regional, de semi detalle y detallado.

El nivel de detalle está en función del tipo de relleno sanitario, conforme se observa en la siguiente tabla.

Tabla 8.3 Fuentes de información para la elaboración del diagnóstico del servicio de disposición final.

Nivel	Descripción de Estudios	Desarrollado por:
Análisis regional	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación y análisis de la información básica municipal para obtener el predimensionamiento del sitio. • Recopilación y análisis de: población, tipo de servicio de limpia, topografía, geología, geotecnia, hidrología, zonas protegidas y usos de suelo. 	Consultor o personal del municipio
Análisis de semi-detalle	<p>En zonas seleccionadas buscar información específica de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distribución y espesores de rocas • Obras de captación de agua subterránea • Acuíferos 	Consultor o personal del municipio
Análisis de detalle (Una vez seleccionado el sitio definitivo)	<ul style="list-style-type: none"> • Topografía a detalle del sitio • Estudio geotécnico en sitio: inspección en campo y pruebas de laboratorio para determinar propiedades físicas y mecánicas del suelo • Estudio geológico a detalle • Estudio geohidrológico a detalle (dirección, caracterización del agua, parámetros hidráulicos por estratos, caracterización del subsuelo) 	Laboratorios y/o empresas especializadas en estudios geológicos e hidrológicos

Tabla 8.4 Estudios para la selección de sitios de disposición final según clasificación.

Concepto	Tipo de relleno sanitario			
	A	B	C	D
<i>Estudios básicos para sustentar el sitio</i>				
Estudio geológico-geohidrogeológico regional	X	D	D	D
Estudio geológico-geohidrogeológico de detalle	X	X	D	
Levantamiento topográfico	X	X	X	X
Estudio geotécnico	X	X	X	
Descripción del medio natural y socioeconómico	Q	Q		

Simbología:

X INDISPENSABLE
D DESEABLE
Q CON DIFERENTES GRADOS DE DETALLE

La selección de los sitios se hace a través de una serie de sesiones multidisciplinarias, en las que deben participar los representantes del Ayuntamiento, los responsables de la disposición final de los residuos sólidos y representantes de la sociedad civil, sectores empresariales, comerciales e industriales.

A fin de completar la caracterización en detalle del sitio seleccionado y para el diseño adecuado del relleno sanitario, se deben realizar estudios de ingeniería

que describan las características de dicho sitio. Estos estudios especializados serán realizados por empresas consultoras en ingeniería, preferentemente ambiental.

Estudios geológicos, geohidrológicos y geofísicos del sitio para rellenos sanitarios tipo A y B

Debe de inspeccionarse directamente sobre el terreno las características litológicas y estructurales de cada una de las formaciones aflorantes, orientándose hacia aquellos puntos que se considere necesario verificar: fallas geológicas, terrenos fracturados, contactos entre unidades litológicas, inestabilidad de taludes, permeabilidad. Con esta información de campo y la documental, se puede elaborar un plano geológico regional que ilustre el tipo de suelos o rocas existentes, presencia de fenómenos geodinámicos y sitios de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas.

Para complementar la información estratigráfica se recomienda realizar una perforación por cada 3 hectáreas a 15 m de profundidad¹⁰. Estos sondeos exploratorios sirven para realizar pruebas de permeabilidad de campo (una en cada tramo de 5 m) para conocer la conductividad hidráulica de los materiales que se encuentran en el subsuelo.

Los sondeos se realizan mediante tubo de penetración estándar, o bien mediante la utilización de broca de arrastre o tónica. En caso de encontrar materiales pétreos, estos se perforan con broca de diamante.

A partir de los materiales identificados, se dibuja el perfil estratigráfico de cada sondeo. Es importante que al término de cada sondeo, se cimente el agujero para evitar la comunicación con el acuífero del sitio.

También se realiza una prospección geofísica empleando sondeos eléctricos verticales (SEV's) o mediante la utilización de técnicas equivalentes. La información obtenida servirá para definir la continuidad de los materiales del subsuelo, ayudando a definir el modelo geológico del sitio donde se construirá el relleno sanitario. Se recomienda efectuar al menos dos sondeos interceptados entre sí para una superficie mínima de 3 hectáreas. Por cada 2 hectáreas que se incremente la superficie se agregará un sondeo.

Con los resultados de la prospección geofísica y de las perforaciones exploratorias se hace la interpretación del modelo geológico detallado, definiendo las unidades litológicas presentes en el área de desplante del relleno sanitario y su entorno, a la par de que se describe su estructura, textura, alteración, relaciones estratigráficas, permeabilidad y rangos de variación.

Es importante conocer la profundidad y distribución de los niveles piezométricos de las obras localizadas en la región de interés, para lo cual se

realizará de mediciones en el campo que permitirá conocer la variación de los niveles del espejo de agua y la posición que guarda el nivel freático regional con respecto a la ubicación del sitio propuesto.

Con la integración de las actividades anteriores se establecerá el modelo de funcionamiento geohidrológico que permitirá conocer la geometría del acuífero, sus límites, características, movimientos de agua y el mecanismo de recarga y descarga, conociendo así la influencia que tendrá el relleno sanitario sobre el subsuelo.

Se recomienda efectuar un muestreo y caracterización de agua de pozos situados aguas arriba y aguas abajo, de cada acuífero en aprovechamiento, y de cada cuerpo de agua superficial ubicado aguas abajo. Las determinaciones que se recomiendan se presentan a continuación.

Tabla 8.5 Parámetros requeridos para la caracterización de aguas subterráneas y superficiales

Físicos	Químicos	Metales pesados
<ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitratos • Nitrógeno amoniacal 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico • Bario

<ul style="list-style-type: none"> • Total de carbono orgánico • Orgánicos volátiles • Conductividad eléctrica • Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) • Demanda química de oxígeno (DQO) • Total de partículas disueltas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfatos • Componente fenolitos • Total de coniformes • Coniformes fecales 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadmio • Cianuros • Cromo • Hierro • Mercurio • Plomo • Selenio
---	---	---

8.3.1 Estudio geotécnico

Su objetivo es caracterizar el terreno de los sitios destinados a la construcción de rellenos sanitarios de tipo A, B y C conforme la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Con base en la topografía del sitio y en los resultados del estudio geológico-geohidrológico se identificarán los puntos de muestreo del suelo con énfasis en la detección de estratos potencialmente permeables.

Se recomienda obtener una muestra inalterada por cada 5 hectáreas de terreno a través del empleo de pozos a cielo abierto (PCA).

A las muestras se les realizan pruebas en sitio y laboratorio que permitan determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo a nivel de desplante del relleno sanitario

Tabla 8.6 Pruebas geotécnicas al suelo del relleno sanitario

Características físicas	Características mecánicas
<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación SUCS • Contenido natural de agua • Granulometría y contenido de finos • Límites de Atterberg • Densidad de sólidos • Contracción lineal • Permeabilidad y humedad óptima • Peso volumétrico natural, seco máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresión simple • Compresión triaxial rápida • Consolidación unidimensional

Los resultados permitirán:

- Determinar estratigrafía, permeabilidad y parámetros de resistencia al esfuerzo cortante,
- Precisar los taludes de las excavaciones para que a largo plazo sean estables,
- Factibilidad de uso de suelo para obtener material para la cubierta diaria, intermedia y/o final,
- Emitir recomendaciones para adaptar las obras de ingeniería a la zona.

La cantidad y la profundidad de los sondeos por tipos de prueba deben ser las necesarias para apoyar la interpretación de toda el área.

- Los resultados de las pruebas de campo y laboratorio constituyen parte de la memoria de cálculo del proyecto ejecutivo. Además se debe entregar información relativa a:
 - Plano de ubicación de muestras, perforaciones y sondeos,
 - Corte estratigráfico por cada perforación,
 - Susceptibilidad sísmica,
 - Decisión de sistema de impermeabilización,
 - Volumetría preliminar.

Estos datos se consideran como una herramienta indispensable para el diseño.

8.3.2 Estudio topográfico del sitio.

Es necesario para la elaboración del proyecto ejecutivo, la planeación correcta de actividades preventivas y correctivas de control ambiental, así como del cierre del relleno. Del estudio topográfico partirá el desarrollo de la ingeniería básica del proyecto ejecutivo para todos los tipos de relleno sanitario.

Los levantamientos planimétricos y altimétricos pueden ser efectuados tanto por personal del Municipio como por la misma Consultora que realice el proyecto ejecutivo del relleno sanitario.

Una vez establecido un banco de nivel fijo se deberá efectuar una nivelación diferencial hasta el sitio de interés a lo largo de una poligonal abierta definida previamente, con puntos de nivelación cada 10 m para superficies menores a 5 hectáreas y a cada 20 m para superficies mayores.

Se recomienda establecer un eje central que divida al predio en dos áreas aproximadamente iguales, definiendo ejes paralelos a cada 25 m, mismos que deben seccionarse transversalmente a cada 10 m, con curvas de nivel a cada 0.5 m en superficies planas o ligeramente onduladas, mientras que para superficies irregulares cada metro.

Se recomiendan escalas de los planos de 1:500 para terrenos menores de 8 hectáreas (ha), y de 1:1,000 para los mayores de 8 ha.

8.3.3 Descripción del medio natural y socioeconómico

El conocimiento del ambiente donde va a funcionar el relleno sanitario ayuda a identificar los posibles factores sensibles a afectaciones. De manera breve y concisa se expresan los datos acerca de los factores físicos, bióticos, socioeconómicos y ambientales.

Dentro de las características físicas, los aspectos de climatología (pluviometría, temperatura y vientos) se consideran como factores importantes de diseño del relleno sanitario. Para ello, la fuente de información confiable es el Servicio Meteorológico Nacional, que cuenta con estaciones meteorológicas en varias regiones del país, así como información de las estaciones de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Se recomienda que los datos recopilados sean de por lo menos un periodo de 25 años.

La información a utilizar es:

a) Precipitación pluvial

- Precipitación diaria del mes más lluvioso, durante el periodo de observación
- Precipitación diaria del mes más lluvioso del año con mayor precipitación, registrada en el periodo de observación considerado.
- Precipitaciones promedio mensuales y anuales, representativas de todo el periodo de observación.

a) Temperaturas y evaporación

- Temperaturas medias por mes y año, representativas de todo el periodo de observación considerado.
- Evaporaciones mensuales promedio

b) Dirección y velocidad del viento

- Registros de la dirección promedio de los vientos reinantes durante los diferentes periodos estacionales
- Registros de la dirección promedio de los vientos dominantes, correspondientes a los distintos ciclos estacionales
- Velocidades promedio de los vientos reinantes.

En lo que se refiere a la información de climatología, ésta será de utilidad para el diseño de los tipos de relleno sanitario A, B y C. Los demás aspectos del medio físico, biológico y socioeconómico es conveniente y necesario presentarlos en los proyectos de los rellenos sanitarios tipo A y B, con diferente grado de detalle y no se requieren para los rellenos sanitarios menores.

Estudios y análisis previos

Una vez seleccionado el sitio para la disposición final de los residuos sólidos, y previo al diseño de ingeniería, es necesario efectuar una serie de estudios y análisis, de diferentes factores.

8.3.4 Estudio demográfico

De suma importancia es la proyección de la población de la manera más confiable posible; aplicando cuando menos tres métodos.

Se recomienda comparar los resultados obtenidos entre diversos métodos de proyección.

Estos datos y los de generación de residuos sólidos son básicos para el diseño y el dimensionamiento del servicio.

El modelo de proyección se elegirá de acuerdo con el comportamiento del crecimiento de la población, pudiendo ser aritmético, geométrico, por incrementos diferenciales, etc.

Tabla 8.7 Estudios y análisis previos por tipo de relleno sanitario

Concepto	Tipo de relleno sanitario			
	A	B	C	D
Estudios y análisis previos				
<i>Estudio demográfico</i>	X	X	X	X
<i>Generación per capita RSM</i>	X	X	X	D
<i>Peso volumétrico RSM</i>	X	X	D	D
<i>Selección y cuantificación RSM</i>	X	X	X	
<i>Caracterización fisicoquímica RSM</i>	X			
Descripción medio natural y socioeconómico				
<i>Factores físicos</i>	X	X	X	D
<i>Factores bióticos</i>	X	D		
<i>Estética, turismo, sitios de interés</i>	X	D		
<i>Medio socioeconómico</i>	X	D		
<i>Problemática ambiental local</i>	X	D		
Evaluación de parámetros	X	X	X	X

Simbología:

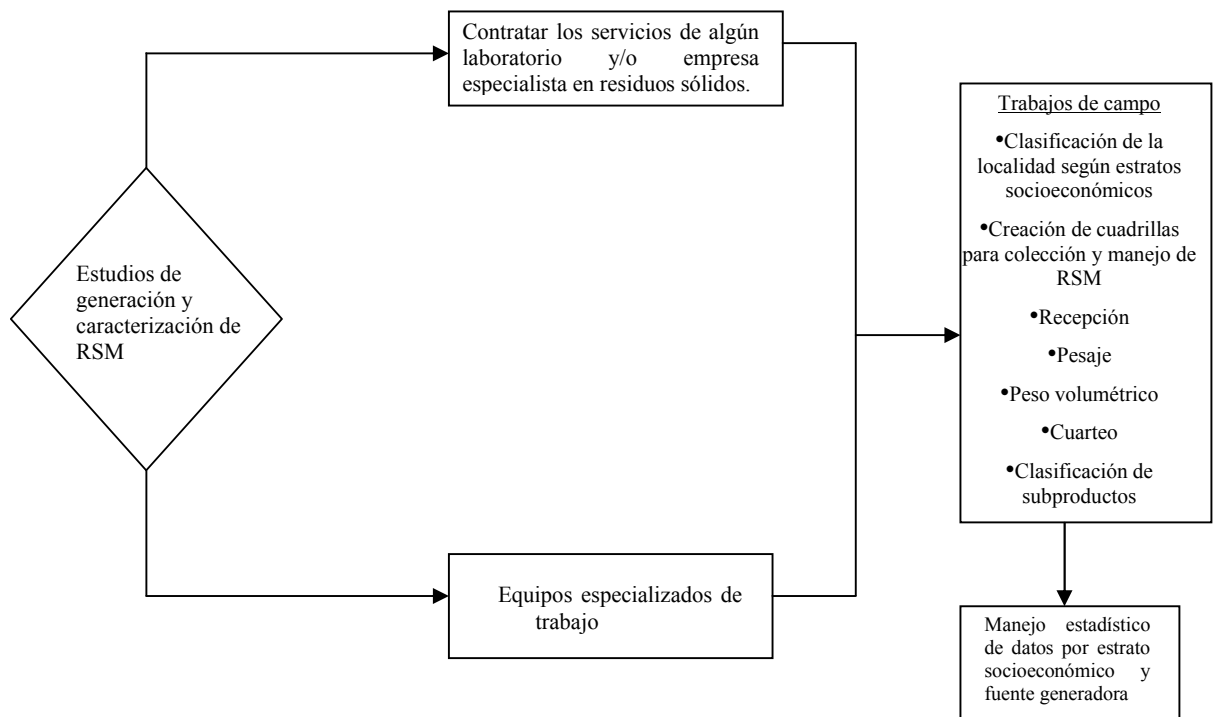
X INDISPENSABLE
D DESEABLE

8.3.5 Análisis de residuos sólidos

Son estudios considerados como básicos para obtener los parámetros de diseño del sitio de disposición final.

Se deberán seguir los procedimientos de las normas mexicanas (NMX) correspondientes, así como una breve descripción de las acciones realizadas por quién los elaboró.

FIGURA 8.1 Actividades para elaborar los estudios de generación y caracterización de residuos sólidos urbanos



Para los rellenos sanitarios con alto ingreso de residuos sólidos como los tipos

A y B se requiere que se realicen los estudios de:

- generación per cápita,
- peso volumétrico,
- selección y cuantificación de RSU.

Para los rellenos tipo C y D se recomienda presentar estudios de generación per capita, aunque podrá hacerse uso de los valores promedios por regiones del país o bien los del Estado

8.3.6 Evaluación de parámetros

La evaluación de parámetros es un apartado de concentración y análisis de la información captada en los estudios previos, con el fin de obtener los datos de diseño necesarios para realizar el proyecto de relleno sanitario, tomando en cuenta el método de operación, topografía, necesidades volumétricas, etc.

Este punto es la referencia para el desarrollo del proyecto ejecutivo de cualquier tipo de relleno sanitario.

Proyecto de ingeniería

El diseño y el dimensionamiento del relleno sanitario son la parte medular del proyecto ejecutivo. Comprende la parte relacionada al diseño de ingeniería y los detalles de operación,

Diseño del relleno sanitario

Un relleno sanitario se puede realizar en diversos tipos de terrenos; sin embargo, para su selección se deben considerar ciertas características topográficas y geológicas, y la posibilidad de contar con alguna modalidad

para la cobertura de estos residuos (material sintético o tierra), de acuerdo con el programa de operación presentado.

Las propiedades físicas aceptables para el material de cubierta, deberán cumplir con los criterios de: aislar los residuos cercanos de la superficie, impedir la infiltración de líquidos en el interior de las celdas, controlar y dirigir el venteo del biogás generado, reducir la erosión, brindar un drenaje adecuado y proporcionar el soporte para una cubierta vegetal.

Ingeniería básica

Junto con los parámetros básicos, el desarrollo de la ingeniería básica permite conceptuar las bases de lo que será la construcción, operación y cierre del relleno sanitario.

Tabla 8.8 Contenido de la ingeniería básica para los diferentes tipos de rellenos

sanitarios.

Producción de biogás	Tipo de relleno sanitario			
Concepto	A	B	C	D
Análisis de estabilidad de taludes	X	X	X	X
Ingeniería de relleno sanitario	X	X	X	X
Sistema de impermeabilización	X	X	X	X
Diseño del relleno sanitario	X	X	X	X
Sistema de control de escurrimientos pluviales	X	X	X	D
Diseño del relleno sanitario	X	X	X	X
Sistema de extracción y control de biogás	X	X	X	X
Método de operación	X	X	X	X
Sistema de extracción y control de lixiviados	X	X	X	X
Requerimientos volumétricos del sitio	X	X	X	X
Sistema de monitoreo del relleno sanitario	X	X	X	X
Cálculo de la capacidad volumétrica del sitio	X	X	X	X
Caminos de acceso e interiores	X	X	X	X
Dimensionamiento de la celda diaria	X	X	X	X
Diseño de obras complementarias	X	X	X	X
Cálculo de vida útil del sitio	X	X	X	X
Señalamientos	X	X	X	X
Calendarización para el llenado de celdas	X	X	X	X
Impacto vial	X	X	X	X
Características material de cubierta	X	X	X	X
Selección de equipo	X	X	X	X
Diseños específicos	X	X	X	X
Personal	X	X	X	X
Estabilización de los residuos	X	X	X	X
Operación del relleno sanitario	X	X	X	X
Reducción de lixiviados	X	X	X	X
Controles de entrada	X	X	D	D

<i>Frente de trabajo</i>	X	X	D	D
<i>Bancos de material</i>	X	X	D	D
<i>Talleres y suministros</i>	X	X	D	D
<i>Determinación de parámetros de operación</i>	X	X	D	D
<i>Manual de operación</i>	X	X	X	

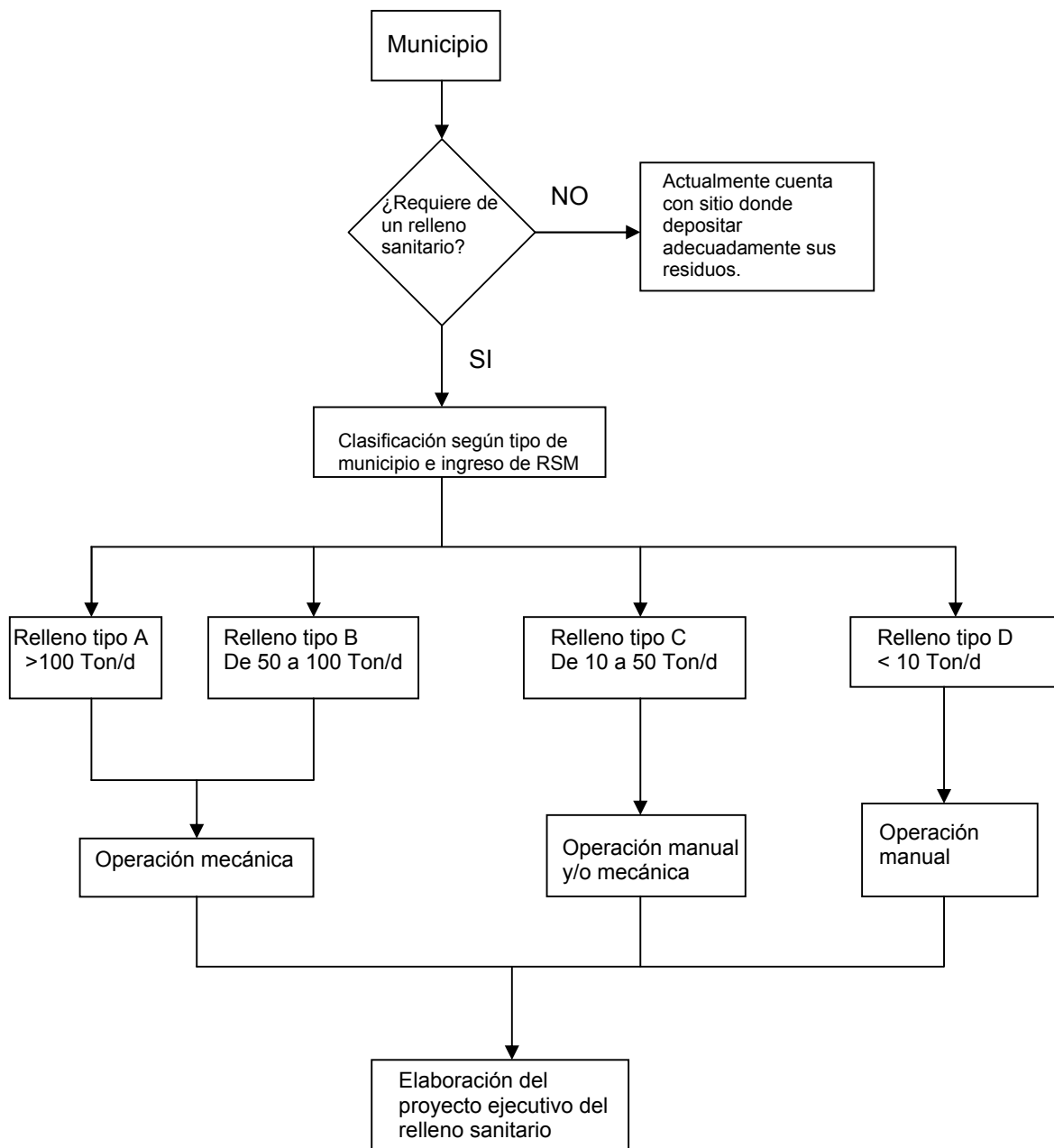


Figura 8.2 Diagrama de flujo para clasificar rellenos sanitarios

Proyección de la generación de RSU: La producción futura anual de RSU se debe estimar con base en la proyección demográfica y en la generación per capita. En cuanto al incremento de ésta, difícilmente se encuentran cifras

representativas de variación anual. Se recomienda calcular según 1% de incremento anual. La generación per capita, peso volumétrico y composición se obtienen de los estudios previos solicitados para los rellenos sanitarios. Se requiere para calcular y dimensionar la celda diaria y el volumen del relleno.

- Determinación de la celda diaria. De acuerdo con el método de operación elegido, se requiere que el proyecto de ingeniería presente el nivel de desplante requerido para el sitio de disposición final. Para esto se deben considerar criterios constructivos (volumen de material de corte igual al de cubierta) y de protección ambiental. Esta parte está fundamentada en los resultados de la topografía del sitio.

- Como parte del diseño de ingeniería, se tiene que desarrollar las dimensiones de la celda diaria, de acuerdo con el ingreso de RSU diario, el trabajo que se debe hacer a éstos con la compactación y la cantidad de material de cobertura necesario. Para esto, se deberá presentar los cálculos y análisis realizados en la memoria de cálculo del proyecto.

En el caso de la operación mecánica, se especifican:

- Altura de la celda, que puede variar entre 3 y 5 m,

- Ancho de la celda, que está en función del número de vehículos recolectores y los espacios que requiere la maquinaria que opera en el sitio,
- Largo en función de la altura proyectada y el ancho,
- Talud del frente de trabajo, conservadoramente se recomienda un talud de 2:1 cuando se emplea tractor de orugas y de 3:1 o 4:1 cuando se hace uso de compactadores especiales.

La vida útil del relleno sanitario se calcula comparando el volumen total disponible del terreno con los valores acumulados de residuos sólidos más el material de cobertura, hasta obtener un valor similar o ligeramente mayor; corresponde a la cantidad de años de funcionalidad del relleno. En la Tabla 10 se presenta una manera sencilla para cálculo de volúmenes y áreas en el horizonte de vida de la obra.

Programa de ejecución de obras. Con el desarrollo de los elementos que constituyen la ingeniería básica, se solicita que los proyectos ejecutivos de rellenos sanitarios de todos los tipos presenten el programa de ejecución de obras referente a la construcción de macroceldas, celdas de operación diaria, cobertura diaria (o periódica) y cierre final de celdas, de manera tal que el posterior desarrollo del diseño tenga un sustento formal.

En el caso de rellenos sanitarios de tipo C y D, con menor ingreso de RSU, este programa de ejecución de obras será presentado a la terminación de todo el proyecto ejecutivo.

8.3.7 Estudios de dotación de servicios.

Esta parte del diseño de ingeniería se refiere a la introducción de los servicios de agua potable, drenaje y electrificación, con el fin de que el relleno sanitario pueda operar en forma adecuada. Este criterio es requerido para los rellenos tipo A y B.

Diseños específicos

a) Balance hídrico

En gran parte, el balance hídrico depende de las características de la superficie del relleno sanitario: suelo, vegetación, pendientes y clima.

Los principios de esta equivalencia están determinados por la masa; se recurre a un procedimiento matemático para evaluar la humedad entrante y la saliente. En la figura se presentan los componentes principales de este balance.

Para el cálculo hay varios métodos, de los cuales se deberá emplear y justificar por lo menos uno. Estos se adquieren como software especializado, requiriéndose cierta capacitación para su manejo. Los tres principales son:

- Método de balance de agua
- Evaluación hidrológica de la evolución de un relleno sanitario
- Balance hídrico desarrollado por C. W. Thornthwaite

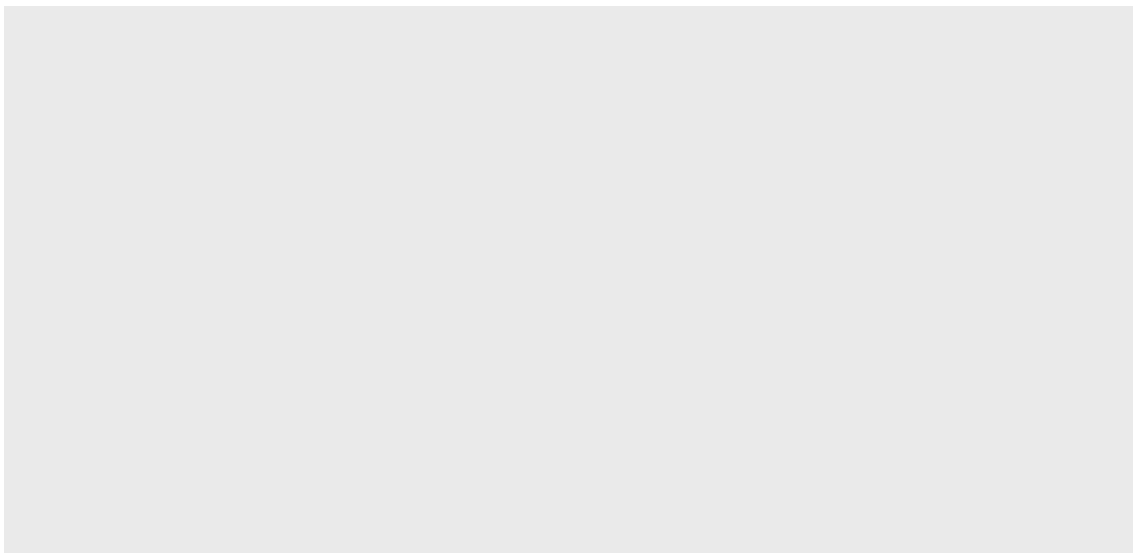


Figura 8.3 Esquema de los componentes del balance de agua para un relleno sanitario.

b) Impermeabilización

La protección a los mantos acuíferos tiene la función de evitar el ingreso de los lixiviados evitando escurrimientos pluviales al confinamiento, evitar que los residuos estén muy húmedos e impermeabilizar el terreno. La protección se puede efectuar por dos métodos, natural y artificial, en función del tipo de suelo. El sistema de impermeabilización deberá diseñarse para toda la base

de las celdas del relleno sanitario, debiendo asegurar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-7} cm/s o menor, así como las especificaciones de la NOM- 083-SEMARNAT-2003. Esta impermeabilización se puede alcanzar con material natural (tepetate) bien compactado o con una geomembrana (espesor mínimo 1 mm) o una combinación de los dos. Las áreas previstas para la extensión se presentaran en un plano a escala 1:1,000.

En el caso de los rellenos sanitarios clasificados como tipo D, la impermeabilización del sitio deberá asegurar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-5} cm/s. La selección del tipo de impermeabilización se debe realizar con base en los resultados obtenidos de los estudios geohidrológicos, geotécnicos y el balance hídrico.

Si el terreno esta constituido por material poros, o esta fracturado o le afectan fenómenos sísmicos, o en la región se extrae agua subterránea, es necesario incrementar las acciones de protección contra posible contaminación por lixiviados. Se debe describir y proponer:

- Componentes del sistema de impermeabilización,
- Criterios para la utilización de membranas sintéticas
- Características del material impermeabilizante,

- Tipos de uniones
- Control de calidad empleado en su instalación
- Planos de impermeabilización
- Cronograma de actividades específicas

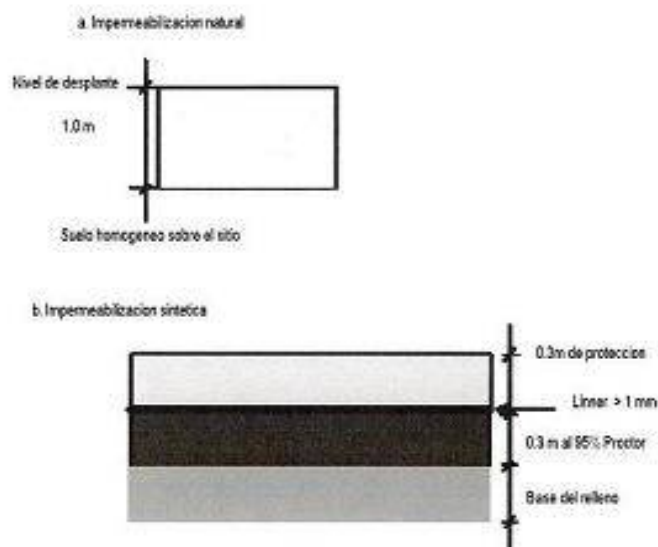


Figura 8.4 Esquemas para los sistemas de impermeabilización en la base del relleno sanitario

Tabla 8.9 Formas de control de biogás en sitios de disposición final

Modalidad	Justificación	Tipos de control
Sin control	<p>Que exista un área de amortiguamiento en el que el biogás se difunda a través del material de cubierta y no alcance 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 seguridad de la población circundante.</p> <p>Para pequeños municipios y zonas con recursos limitados siempre que se cumplan las condiciones arriba mencionadas.</p>	<p>No existe</p> <p>(Observación importante. No es recomendable por el riesgo que representa)</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>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Zanjas de grava ✓ Pozos de venteo pasivo ✓ Barreras ✓ Sistemas de colección a

		nivel superficial.
Control activo	Controla el movimiento del biogás mediante una presión negativa inducida Se requiere de un soplador logrando un control de la migración lateral de biogás Permite el aprovechamiento de esta fuente no convencional de energía.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pozos de extracción ✓ Zanjas de extracción ✓ Red de captación del biogás.

c) Generación y captación de biogás

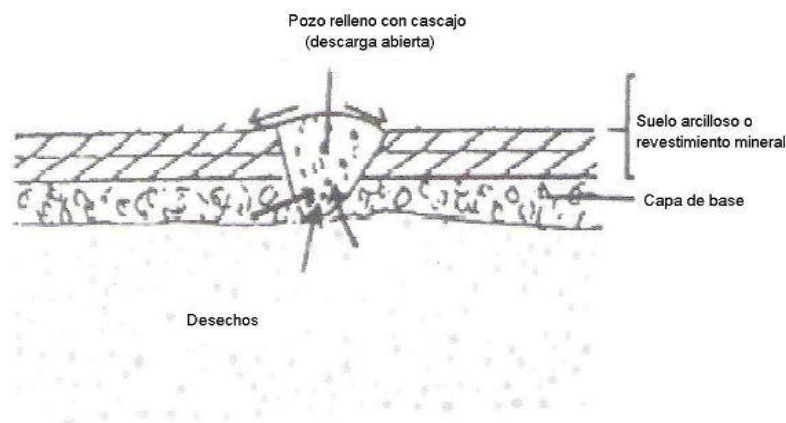
El biogás generado en el relleno sanitario es producto de la degradación biológica de los residuos sólidos urbanos. Los gases que se producen en mayor proporción son metano, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y nitrógeno. El gas metano busca salida del interior de las celdas hacia la atmósfera, teniendo un riesgo de explosión si su concentración alcanza valores entre el 5 al 15 % en volumen.

El control de biogás deberá considerarse cuando:

- Existan viviendas y/o edificios en las áreas circundantes al sitio de disposición final,
- Los RSU depositados tengan un alto contenido de materia orgánica,
- En los planes de uso futuro del sitio se tenga considerado el acceso público,

- Las emisiones de biogás pongan en peligro la salud de la población por sus características fisicoquímicas,
- En el sitio se produzcan intensos olores desagradables para la población circundante,
- La presión del biogás sea tal que ocasionen una fuerte migración lateral y/o afecte a la vegetación que rodea al sitio.

Figura 8.5 Sistema con pozo para venteo de biogás.



En diferentes tipos de sitio de disposición final controlada o en proceso de control, la captación de biogás a diferencia de los lixiviados, puede realizarse posteriormente, aunque su eficiencia es menor que cuando se construye el sistema a partir del inicio de la operación del sitio. Existen varios sistemas para la captación del biogás y el objetivo es alcanzar un 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, ya que no favorece el control de salida, pudiendo ser una fuente de malos olores e incluso explosiones. Además es un punto de ingreso de agua de lluvia al interior de las celdas.

Los sistemas indicados en las siguientes figuras se deben instalar paulatinamente conforme al relleno del sitio pero también pueden instalarse después de aplicar la cubierta final del sitio, excavando un pozo desde la superficie hasta llegar al cúmulo de residuos. Posteriormente el pozo se rellena con cascajo o piedra (no caliza ya que se puede disolver con los gases ácidos) y conectada a la capa de base permeable por debajo del revestimiento mineral de la cubierta de sellado superior.

El gas se debe incinerar en el mismo sitio con un quemador simple o recolectarse y conducirse por un tubo flexible, de policloruro de vinilo PVC o polietileno de alta densidad PEHD, hasta las instalaciones que lo utilizaran o bien hasta un quemador central.

Figura 8.6. Respiradero de gas con quemador simple

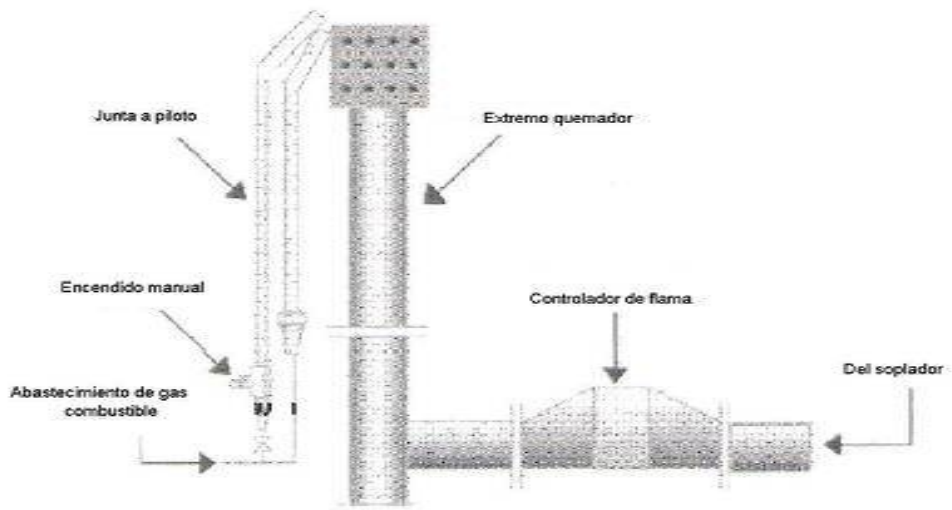
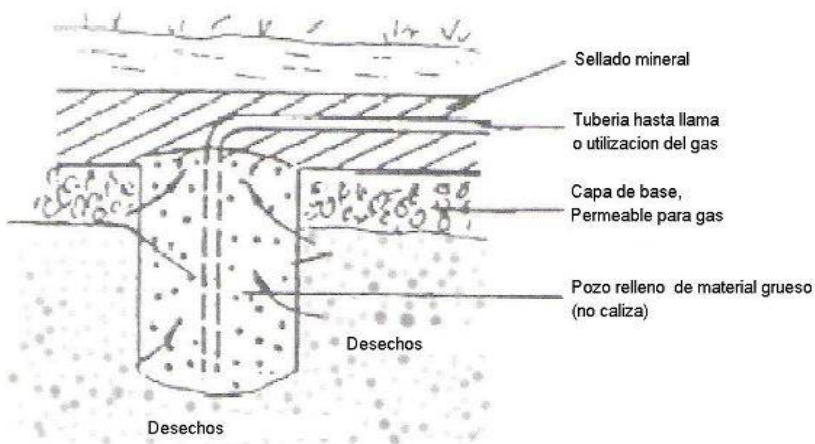


Figura 8.7 Sistema de colección de gases.



En el relleno sanitario se deberá contar con un sistema de captación de biogás desde el inicio, dejándolo crecer paralelamente al desarrollo de la celda del relleno.

Un método económico es la instalación de estructuras de malla rellenas de piedra. Estas tienen superficies de 0.6 a 1 m por lado, con profundidades que van a unos 0.3 m abajo del nivel o base del relleno, cubriéndose en la parte superior, dejando un respiradero con forma de cuello de ganso. En la figura se presenta un esquema de pozo típico.

Para seleccionar el número de pozos de extracción se tiene que conocer la cantidad de residuos depositados diariamente, la profundidad promedio del sitio y el área del mismo. Se estiman que dos pozos por hectárea son suficientes, pero eso tiene que ser justificada a través de un cálculo.

Se debe calcular la tasa de generación de biogás durante varios decenios, mediante relaciones estequiométricas y cinéticas de reacción. Para ello se recomienda el empleo de modelos como los de Ham y Barlaz, o el de la EPA (EPA 40 CFR, partes 51 y 60), los cuales se pueden adquirir como software especializado, requiriendo de cierta capacitación para su empleo. Esto se considera como requisito para los rellenos sanitarios clasificados como A y B.

Si el biogás generado es suficiente como para considerar su aprovechamiento (por ejemplo como energía, transformándolo en electricidad), determinado por los estudios de generación, se presentara el proyecto específico que cumpla con los criterios ambientales vigentes.

Este tipo de estructuras se consideran para los rellenos sanitarios tipo A al C.



Figura 8.8. Sistemas simples de captación de biogás

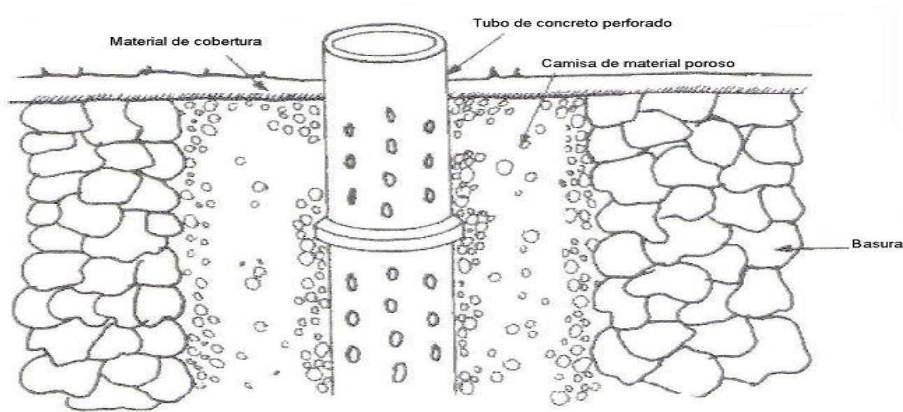


Figura 8.9 Pozo con estructura de malla

c) Generación y captación de lixiviados

Cuando el agua percola a través de varios materiales contaminantes, remueve algo de sólidos, teniendo 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. Este sistema colector extrae el lixiviado y lo lleva al tratamiento.

El sistema de captación de lixiviados, requerido para los rellenos sanitarios A al C, deberá instalarse inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización. Estos sistemas deberán ser capas drenantes, ubicadas en la base del sitio de disposición y sobre cualquier capa superior donde se espere tener acumulación de líquidos.

Sin embargo la generación de lixiviado se puede reducir considerablemente si se desvían las aguas pluviales y el cierre del sitio se realiza con material impermeable. Se deberá impedir que los lixiviados tengan salida lateral, empleando para ello en la cubierta diaria materiales impermeables, pero en caso de que esto ocurra, deberán ser captados de la misma forma que los generados en la zona de macroceldas

Por ningún motivo el lixiviado extraído deberá ser descargado a cuerpos de agua ni bienes nacionales, sin previo tratamiento.

Existen varias opciones para el tratamiento de lixiviados y la selección depende de la caracterización final del mismo. Las opciones pueden ser descargar a una planta de tratamiento de lixiviados o recirculación a las celdas del sitio de disposición final. Este último procedimiento tiene el beneficio de acelerar la estabilización de los materiales orgánicos presentes, aunque no elimina la necesidad final de tratamiento. En la práctica en México es común la combinación de tratamiento y recirculación de lixiviados estableciendo:

- Porcentaje de recirculación de lixiviados al relleno sanitario
- Frecuencia de recirculación de lixiviados
- Tratamiento complementario de los lixiviados

En el caso del tratamiento de los lixiviados, este deberá realizarse dentro de las instalaciones del relleno sanitario.

8.4 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

Como parte importante del diseño las obras complementarias permitirán una mejor operación y control del relleno sanitario. Dependiendo de la clasificación del relleno sanitario será la obra requerida y sus características. La tabla muestra las principales estructuras contempladas.

Se presentaran los planos correspondientes conteniendo:

- Croquis de localización
- Lista de símbolos
- Notas, datos del proyecto, conceptos y cantidades de obra, cuando así se requiera.
- Escalas, acotaciones y orientación.

Los planos de instalaciones requieren de la planta de diseño y detalles constructivos, desde el punto de vista arquitectónico, hidrosanitario, eléctrico, de detalle, herrería y cancelaría, cimentación y estructura; complementando con una relación de precios de materiales y mano de obra, así como análisis de precios unitarios.

Se recomienda que el material y los acabados propuestos en la obra general del relleno sanitario sean de origen local y de bajo costo.

Tabla. 8.10 Principales estructuras consideradas como complementarias de un relleno sanitario tipo.

Concepto	Tipo de relleno sanitario			
	A	B	C	D
Diseño de obras complementarias				
<i>Caminos exteriores</i>	X	X	X	D
<i>Cerca perimetral</i>	X	X	X	X
<i>Caseta de vigilancia y control</i>	X	X	X	X
<i>Caseta de pesaje y bascula</i>	X	X		
<i>Caminos interiores</i>	X	X		
<i>Franja de amortiguamiento</i>	X	X	X	D
<i>Cobertizo y taller de mantenimiento</i>	X	X		
<i>Almacén</i>	X	X		
<i>Área administrativa y de servicios</i>	X	X	X	D
<i>Drenajes</i>	X	X	X	D
<i>Área de emergencia</i>	X	X	X	D
<i>Agua potable, drenaje sanitario y electricidad</i>	X	X		
<i>Servicio médico y seguridad</i>	X			

Simbología:

X INDISPENSABLE
D DESEABLE

Algunas recomendaciones para estas obras complementarias son:

- La superficie mínima para una caseta de vigilancia es de 4m²
- La superficie de la caseta de pesaje será como mínimo de 12 m²
- La bascula deberá tener la capacidad suficiente para el pesaje de los residuos sólidos en el vehículo recolector de mayor aforo, y como mínimo una precisión de 5 kg.

- Las instalaciones hidráulicas serán diseñadas con tubería de cobre tipo M, considerando una dotación de agua de 100 litros/trabajador/día y 5 litros/m²/día para las áreas de riego.
- Las instalaciones sanitarias emplearán tubería de PVC, paredes lisas y conectadas con anillos de empaque y selladas con cemento de contacto. Se recomienda el diseño de una fosa séptica.
- Se considerará una instalación pluvial con caída libre y escurrimiento hacia el terreno natural empleando PVC. Las descargas de las azoteas serán hacia las coladeras, recomendándose una unidad por cada 100 m² de superficie a desalojar.

La estructura que requiere de un especial cuidado en su diseño es el drenaje pluvial en el cuerpo del relleno. Para ello se deben tomar en cuenta la incidencia de precipitación pluvial, la incidencia de eventos extraordinarios, los niveles freáticos, la permeabilidad del terreno, el punto de descarga según el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME) y la determinación de la tormenta de diseño.

El sistema de drenaje pluvial deberá contener las estructuras siguientes:

- Drenes
- Canal principal
- Carcomo de bombeo
- Descarga

- Obras complementarias como cruces de caminos, etc.

Impacto vial

Para el funcionamiento óptimo de un relleno sanitario, se requiere mitigar el posible impacto vial por la ejecución de las obras. Para ello, en rellenos sanitarios tipo A, se recomienda realizar:

Determinación de rutas

Es importante determinar el estado actual de la zona, debe aparecer información relativa a calles y banquetas, accidentes topográficos y/o fisiográficos, complementados con ubicación de postes, señales, árboles y retornos. Posteriormente es indispensable decidir las rutas principales, a partir del centro de referencia y diseño o adecuación de lo que se requiera modificar.

Es conveniente implementar un plan en varias etapas y diversos frentes.

Es conveniente trazar las rutas de accesibilidad al sitio desde las estaciones de transferencia o de las terminales de rutas.

Selección de maquinaria y equipo

La operación de un relleno sanitario esta en función de la cantidad de rsu ingresados, pudiendo ser mecánica, manual o combinada. La tabla presenta los requerimientos por tipo de relleno sanitario.

Operación mecánica

Los rellenos sanitarios tipo A con modo de operación mecánica, deben contar con equipo pesado y con los accesorios necesarios para el movimiento de tierra y residuos sólidos. Los equipos mecánicos pueden ser adaptados (trascabo, buldózer, etc.), diseñados expresamente para la operación de los rellenos (compactadores de basura) y de apoyo (retroexcavadora, traila, motoconformadora, compactador cilíndrico, etc.).

Operación manual

Para los rellenos sanitarios D, que reciben una menor cantidad de RSU al día, se propone una operación manual.

Para esta forma de operación se requiere de herramientas de construcción, tales como carretillas, palas, picos, azadones, barras, pisones de madera, rastrillos y rodillo compactador.

Operación combinada

En el caso de rellenos del tipo B y C cuando en rellenos sanitarios mas pequeños se cuente con la posibilidad de emplear periódicamente con equipo pesado para la conformación de celdas y movimiento de tierras, se recomienda el empleo de maquinaria para la formación de trincheras y preparación de terreno, dejando el material de cubierta en la cercanía para que la operación diaria se efectúe manualmente.

Es importante resaltar la necesidad de otro tipo de equipos de apoyo para las funciones diarias de un relleno sanitario, como son los vehículos cisterna, camiones volteo y camionetas.

El equipo requerido en la operación del relleno sanitario debe tener una vida útil de al menos 7 años, para realizar las operaciones básicas siguientes:

- Colocar y distribuir residuos sólidos en el frente de trabajo,
- Colocar los desechos en el talud del frente de trabajo
- Extraer, colocar, distribuir y compactar el material de cubierta de las celdas, y
- Acondicionar las celdas (ajustes de taludes, conformación de caminos temporales, excavación de material tipo | y remoción de material aflojado y/o excavado).

Esta selección se debe justificar según: tipo y cantidad de basura por manejar diariamente, características topográficas del predio, material de cubierta por emplear, método operativo que se pretenda utilizar, disponibilidad y costo de equipo y refacciones.

Tabla 8.11 Prácticas para la selección adecuada del equipo mecánico

Concepto	Tipo de relleno sanitario			
	A	B	C	D
Selección de maquinaria y equipo				
<i>Compactador de residuos solidos</i>	X	X		
<i>Equipos adaptados</i>	X	X	D	
<i>Equipos de apoyo</i>	X	D	D	D
<i>Herramientas para operación manual</i>			X	X

Simbología:

X INDISPENSABLE
D DESEABLE

Personal

El personal necesario para la administración, control y vigilancia de un relleno sanitario están en función de las dimensiones de este, con una distribución de acuerdo al organigrama presentado en la figura.

Los rellenos sanitarios del tipo A requiere de esta plantilla, variando en cantidad según programa diario de operaciones. Para los rellenos del tipo B, C, y D, la plantilla se reduce drásticamente pues la cantidad de RSU que ingresan no requiere de personal en el control y administración, aumentando la cantidad de peones para el trabajo manual en los tipos C y D.

En el caso de operación manual, la cantidad de personal necesario para desarrollar el trabajo de la celda diaria depende de:

- Cantidad de RSU a disponer,
- Rendimiento promedio de los trabajadores
- Duración de la jornada
- Días laborables

- Disponibilidad del material de cobertura
- Tipo de material de cobertura
- Distancia de la zona de tiro
- Condiciones climáticas predominantes.

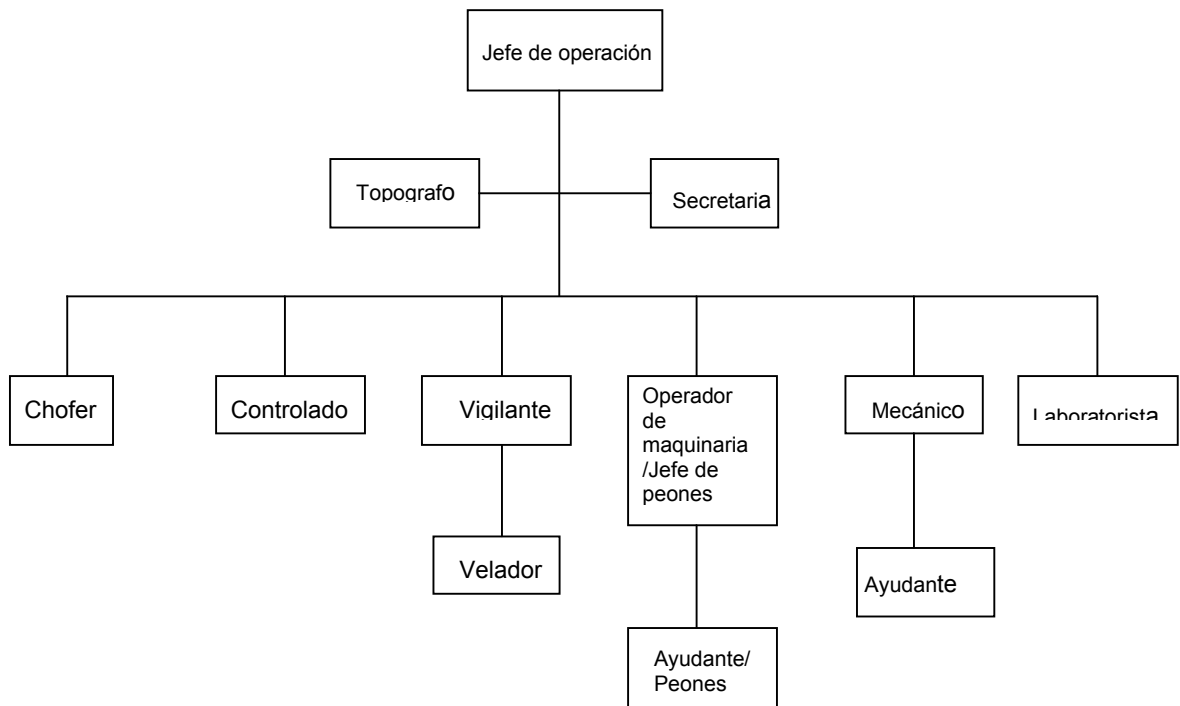


FIGURA 8.10 Diagrama de personal del relleno

Las características generales del personal que operará el relleno sanitario serán las siguientes:

PUESTO: RESIDENTE GENERAL

ACTIVIDAD. Es quien verifica en forma coordinada las diversas operaciones para el funcionamiento, conservación, mantenimiento y conclusión del relleno sanitario; asume las funciones técnico-administrativas de recibir órdenes, ordenar, ejecutar, controlar, concentrar información y elaborar informes.

FUNCION. Técnico especializado directamente responsable del relleno sanitario; debe establecer la planeación, programación, observar su avance, comportamiento, tomando las medidas necesarias para la conservación, mantenimiento y operación del mismo.

Programar, organizar y controlar las actividades que desarrollan las diferentes áreas del relleno sanitario, conforme a los objetivos, políticas y programas establecidos por la dirección.

Planear con el coordinador operativo y el topógrafo la forma en que deberán realizarse las operaciones en el frente de trabajo y en las actividades de cobertura en el relleno sanitario, con base en la información proporcionados por el Auxiliar administrativo.

Coordinar y controlar para que el coordinador operativo efectúe las operaciones de acomodo, descarga, extendido, compactación y cobertura de los residuos sólidos en las celdas programadas.

Coordinar y controlar que el auxiliar administrativo le proporcione información oportuna y confiable de las operaciones efectuadas en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el encargado de sistemas le proporcione información oportuna y confiable de las operaciones efectuadas en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el topógrafo realice los estudios necesarios para la determinación de los avances en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar el cumplimiento de las normas y políticas establecidas en la administración del personal del relleno.

Coordinar y controlar las actividades de la secretaria para que proporcione apoyo eficiente a las diferentes áreas del relleno sanitario.

Realizar anualmente la programación de la operación del relleno sanitario.

Proporcionar información oportuna y confiable a supervisores en relación a la operación del relleno sanitario, así como realizar los estudios (volúmenes de residuos sólidos y de material de cobertura y otros reportes específicos relacionados con el avance de la obra) solicitados por los mismos.

Enviar los informes programados y establecidos por su superior.

PUESTO: COORDINADOR OPERATIVO

ACTIVIDAD. Es el trabajador que coordina y controla las operaciones de descarga y de cobertura de residuos sólidos en el relleno sanitario.

FUNCION. Supervisar que se realicen las operaciones de descarga y cobertura de residuos sólidos de acuerdo a lo establecido.

Coordinar y controlar a todo el personal que se encuentre en la zona de operaciones utilice el equipo de seguridad asignado para la realización de sus labores.

Coordinar el uso de la maquinaria pesada, así como la distribución de materiales de cobertura para la realización de las operaciones en el relleno sanitario.

Supervisar que la información proporcionada al auxiliar administrativo en relación a las operaciones de descarga de los residuos sólidos en el relleno, sea oportuna.

Supervisar que los caminos y accesos a la zona de tiro se encuentren en condiciones óptimas para la operación del relleno.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

PUESTO: CHECADOR DE MATERIAL DE COBERTURA

ACTIVIDAD. Proporcionar información referente a los vehículos con materiales de cobertura que entran al relleno sanitario.

FUNCION. Registrar la hora de entrada y salida, el número de placas, tipo de material, la cubicación y la zona de relleno sanitario a la cual debe dirigirse el vehículo, así como recoger el vale que le entrega el chofer.

Verificar el contenido de los vehículos que ingresan con material de cobertura al relleno sanitario.

Registrar el número de placas, la hora de entrada y salida, el tipo de material y la cubicación.

Entregar diariamente al área de sistemas las bitácoras con los registros de ingreso de materiales de cobertura.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones y el área de sistemas.

PUESTO: ACOMODADOR

ACTIVIDAD. Apoyar en las maniobras de descarga de residuos sólidos y de materiales de cobertura a los choferes de los vehículos de acuerdo a lo planeado.

FUNCION. Indicar a los choferes y a los operadores de maquinaria el lugar de las celdas donde deberán descargar los residuos sólidos y materiales de cobertura.

Reportar a los choferes con sobrestante de operaciones cuando no efectúen las operaciones de descarga de acuerdo a sus indicaciones.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones.

PUESTO: TOPOGRAFO

ACTIVIDAD. Planear, organizar, integrar, dirigir, y controlar la realización de los estudios topográficos del relleno sanitario.

FUNCION. Planear con el residente y coordinador de operaciones la forma en que deberán realizarse las operaciones de descarga de los residuos sólidos y de material de cobertura en el relleno sanitario con base en la información proporcionada por el área de sistemas a la residencia.

Coordinar y controlar la realización de los estudios topográficos necesarios para la determinación de los avances en la operación del relleno sanitario.

Con base a la información proporcionada por el ayudante del topógrafo.

Coordinar y controlar la realización de los estudios topográficos para la operación futura del relleno sanitario. Supervisar y controlar las actividades realizadas por los ayudantes de topógrafo. Solicitar el apoyo a la secretaría para la mecanografía de los informes elaborados en el área.

Proporcionar información oportuna y confiable al residente en relación a la operación del relleno sanitario, así como realizar los estudios solicitados por el mismo. Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que le sean encomendadas por el residente.

PUESTO: CUADRILLA DE TOPOGRAFIA

ACTIVIDAD. Son los auxiliares del topógrafo para realizar nivelaciones, colocación de estacas y monumentos dentro del relleno sanitario.

FUNCION. Utilizan equipo de apoyo para el área de topografía en nivelaciones y levantamientos topográficos.

PUESTO: OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA

ACTIVIDAD. Realizar las actividades de excavación, empuje, acomodo y compactación de los residuos sólidos y materiales de cobertura en el relleno sanitario, además de operar los controles procede a mover tierra, desmontar, excavar canales, nivelar terrenos y otras obras semejantes en la construcción de caminos, construcción de bordos, demoliciones, trabajos similares.

Puede realizar pequeñas reparaciones a la máquina o reportarla para mantenimiento y reparación.

FUNCION. Este trabajador es parte fundamental en la operación del relleno sanitario de acuerdo al método de operación seleccionado ya que inicialmente realizará la preparación de la base conforme a los niveles de desplante del proyecto realizado, extendiendo o compactando el área por utilizar y con el equipo mecánico correspondiente.

Revisar el adecuado funcionamiento de la maquinaria pesada.

Realizar la operación de la maquinaria pesada para efectuar las tareas del relleno sanitario.

Realizar, en su caso, el empuje de los residuos sólidos en las celdas del relleno sanitario con la maquinaria pesada adecuada.

Operar la maquinaria pesada para realizar las tareas de compactación de los residuos sólidos.

Realizar, en su caso, las tareas de cobertura de residuos sólidos con el material de cobertura y la maquinaria pesada adecuada.

Informar a los checadores de maquinaria y al coordinador de operaciones las fallas detectadas en la maquinaria.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones.

PUESTO: CHECADOR DE MAQUINARIA

ACTIVIDAD. Llevar el control de tiempos y movimientos de la maquinaria pesada utilizada en la operación del relleno sanitario.

FUNCION. Registrar hora de inicio y terminación de operaciones de todas y cada una de las maquinas utilizadas en la operación.

Registrar tiempos muertos por desperfectos mecánicos u otros.

Entregar diariamente bajo los formatos establecidos o bitácora, los informes relativos a cada maquina al área de sistemas.

PUESTO: CHOFER DE CAMION DE VOLTEO

ACTIVIDAD. Es el trabajador que opera un camión de volteo para el transporte de materiales geológicos, térreos y/o de construcción. Verifica el funcionamiento del vehículo y lo conduce hasta el sitio de carga de material de cubierta para después, una vez cargado, llevarlo hasta el frente de trabajo, donde lo descargará, previa indicación del controlador del frente de trabajo. Este trabajador deberá tener el tipo de licencia correspondiente que lo acrediten como calificado para conducir este tipo de vehículo. Puede realizar algunas reparaciones al vehículo, reportarlo o conducirlo al taller mecánico para su reparación.

FUNCION. Está encargado de abastecer al frente de trabajo del material de cubierta que se requiera en el transcurso de una jornada.

También podrá transportar materiales geológicos y/o de construcción para realizar reparaciones en caminos o alguna obra de infraestructura del relleno sanitario.

Revisar el funcionamiento del vehículo y reportar, en su caso, los desperfectos al coordinador operativo. Abastecer al vehículo con los materiales de cobertura.

Apoyar actividades encomendadas de acuerdo a las instrucciones del coordinador de operaciones.

Recabar los vales correspondientes al checador de materiales de cobertura y entregarlo al coordinador de operaciones al término de su jornada.

Realizar las operaciones de descarga en el lugar indicado por el acomodador.

Mantener aseado y engrasado el vehículo.

Efectuar reparaciones menores o elementales al vehículo en caso de desperfecto en tránsito.

PUESTO: CHOFER DE CAMIONETA

ACTIVIDAD. Es el trabajador que opera una camioneta para el transporte de carga. Verifica el funcionamiento del vehículo y lo conduce hasta el lugar donde recoge la carga, opera la camioneta hasta su destino, donde entrega correcta la carga, y presenta la documentación que la ampara. Este trabajador deberá tener el tipo de licencia correspondiente que lo acrediten como calificado para conducir esta clase de vehículo. Puede realizar pequeñas reparaciones al vehículo, reportarlo y/o conducirlo al taller mecánico para su reparación.

FUNCION. Está encargado de abastecer de combustibles, refacciones, aceites y agua para la operación y mantenimiento del equipo mecánico.

También podrá transportar al personal que trabaje en el relleno desde algún lugar específico hasta la zona de trabajo; desarrollará actividades complementarias de mensajero.

PUESTO: AUXILIAR DE CHOFER

ACTIVIDAD. Ejecuta labores de lubricación, limpieza y mantenimiento de los camiones volteos, auxiliándose de herramientas propias para el oficio.

FUNCION. Dentro de la operación del relleno auxilia a los choferes para la dotación de lubricantes agua, grasa, etc. o ajustar alguna parte mecánica o hidráulica.

PUESTO: ANALISTA

ACTIVIDAD. Proporcionar información referente a los vehículos que ingresan al relleno sanitario.

FUNCION. Supervisar que la información proporcionada por los checadores de entrada y salida de vehículos, de materiales de cobertura y de pipas, sea confiable y oportuna.

Mantener actualizada diariamente la bitácora de ingresos de vehículos con base en la información proporcionada por los checadores.

Proporcionar la información contenida en la bitácora al analista administrativo.

Elaborar y entregar al encargado administrativo la relación con el número de vales correspondientes al material de cobertura que ingresan al relleno sanitario.

Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que sean encomendadas por el auxiliar administrativo.

PUESTO: SECRETARIA

ACTIVIDAD. Es la persona que reproduce a máquina o en computadora escritos, impresos o grabaciones, transcribe cartas, escritos y otro tipo de documentos. Maneja el archivo, lleva registros y puede realizar otras labores de oficina.

FUNCION. Este trabajador permanecerá en la oficina del relleno sanitario, actuará como apoyo administrativo del residente, coordinador y auxiliar administrativo. será la encargada de archivar todo lo relativo al costo, funcionamiento, información técnica y administrativa del relleno, así como contestar toda la correspondencia relativa al relleno sanitario.

Archivar y controlar todo tipo de escritos, memorias, oficios, informes, documentos y facturas que deban permanecer en las oficinas del relleno.

Atender a los visitantes autorizados al relleno sanitario.

Distribuir la correspondencia recibida en el relleno.

Solicitar al área de adquisiciones la papelería de artículos de oficina requeridos para la realización de las actividades del relleno sanitario.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

PUESTO: AUXILIAR ADMINISTRATIVO

ACTIVIDAD. Es el trabajador administrativo que se encarga de llevar la administración directa del relleno sanitario, registrando los ingresos y egresos correspondientes, mediante la aplicación de un sistema de contabilidad general.

Reclutamiento, selección de personal, capacitación, así como lo referente a higiene y seguridad dentro del relleno,

FUNCION. Este trabajador permanecerá en la oficina del residente general del relleno sanitario, actuará como auxiliar administrativo será el encargado de llevar la contabilidad general del relleno sanitario

Proporcionar la información al residente con relación a las operaciones de ingreso de residuos sólidos y de material de cobertura en el relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el área de sistemas capture y registre la información relacionada con la entrada y salida de vehículos del relleno sanitario.

Coordinar y controlar el área de sistemas de bitácoras de las áreas a las cuales deberán ser dirigidas los vehículos con residuos sólidos materiales de cobertura y pipas, etc.

Coordinar y controlar que el área de sistemas proporcione oportunamente la información, relacionada con la entrada y salida de vehículos del relleno sanitario.

Coordinar y controlar oportunamente al área de sistemas, el tiempo real de uso de la maquinaria pesada y de vehículos, y del cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Coordinar y controlar oportunamente el área de sistemas la información relacionada con los inventarios de almacén, así como de las cotizaciones efectuadas para la adquisición de las refacciones, papelería y mercancías por el residente de servicios generales.

Manejar el fondo revolvente asignado de acuerdo a las prioridades de operación del relleno sanitario, así como proporcionar el informe correspondiente del residente.

Revisar y autorizar las facturas de proveedores.

Efectuar, en su caso, las conciliaciones con los arrendadores de la maquinaria pesada, si fuera el caso.

Supervisar quincenalmente que se realice oportunamente el pago de la nómina del personal del relleno.

Autorizar el rol de guardias del personal operativo y de vigilancia del relleno sanitario.

Coordinar y controlar quincenalmente información confiable con relación a las faltas, retardos y permisos del personal del relleno sanitario para que sea notificada a la residencia.

Supervisar el cumplimiento de las normas políticas establecidas en la administración del personal del relleno.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

También tendrá a su cargo todos los trámites administrativos del personal que trabaja en la operación del relleno tales como: tarjetas de control, establecer las jornadas y horarios de personal, roles de trabajo, etc.

A través de este trabajador se hará la petición de los suministros de combustibles o materiales necesarios para el correcto funcionamiento del relleno sanitario.

PUESTO: VIGILANTE

ACTIVIDAD. Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante el día; controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercancías u otros artículos que se manejan en el establecimiento, dentro de las horas de trabajo normal; cierra y abre la puerta de acceso al sitio, lleva registros y listas de los movimientos ejecutados diariamente, al terminar su jornada rinde un informe de las irregularidades observadas.

Salvaguardar las actividades del personal, los materiales, maquinaria pesada, oficinas, vehículos e instalaciones del relleno sanitario.

FUNCION. Deberá permanecer en la caseta asignada a esta función, su actividad es abrir y cerrar las puertas de acceso a los camiones recolectores tanto del municipio como de particulares o concesionarios que lo soliciten

permitiendo el paso a aquellos que contengan únicamente residuos sólidos municipales.

Para personas extrañas a la operación del relleno sanitario únicamente se permitirá su paso mediante la autorización correspondiente del residente del relleno sanitario.

No deberá permitir la descarga de residuos sólidos de una manera indiscriminado dentro del establecimiento ni en sus alrededores, por los choferes de los camiones.

Presentar al residente y encargado administrativo el informe de irregularidades observadas.

PUESTO: VELADOR

ACTIVIDAD. Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante la noche. Recorre las diferentes áreas del establecimiento anotando su paso en el reloj checador cuando lo hay, vigila al personal que entra y sale del establecimiento después de las horas de trabajo normal, cierra puertas y contesta llamadas telefónicas. Al terminar su jornada rinde un informe de las irregularidades observadas. En el desempeño de su trabajo puede usar armas de fuego.

FUNCION. Este trabajador dentro de la operación del relleno sanitario será reportar los vehículos particulares que descarguen sus residuos sólidos en las áreas próximas al relleno sanitario

Estar pendiente de cualquier eventualidad, como incendio de los residuos o algún pozo de biogás, inundaciones o daños a caminos por lluvia, etc, A fin de reportarlo inmediatamente o tomar las medidas preliminares que resulten convenientes.

PUESTO: BRIGADA DE LIMPIEZA

ACTIVIDAD. Realiza las actividades de limpieza del relleno sanitario.

FUNCION. Realizar la limpieza para mantener en condiciones higiénicas las oficinas, instalaciones y celdas de relleno.

Se determinar la frecuencia de rotación del personal de las brigadas de limpieza.

Se supervisar que el personal de las brigadas de limpieza realice sus actividades de acuerdo a lo establecido.

Se elaborar el control del uso y aprovechamiento del equipo y utensilios de limpieza.

Se realizar las demás actividades inherentes al puesto que le sean encomendadas por el encargado de administrativo y el de servicios generales.

Se controlar que las actividades de limpieza de las oficinas, instalaciones y celdas del relleno sanitario sean coordinadas satisfactoriamente por el jefe de brigada de limpieza.

PUESTO: MECANICO

ACTIVIDAD. Realizar el mantenimiento correctivo y preventivo de la maquinaria pesada y equipo.

FUNCION. Realizar el mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo de acuerdo a lo programado.

Revisar y diagnosticar los sistemas de la maquinaria y equipo, en su caso requerido, realizar la reparación de los mismos.

Solicitar las piezas requeridas para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, así como de todos aquellos materiales necesarios al Encargado administrativo y al almacenista.

Custodiar las herramientas de trabajo y verificar su buen uso y conservación.

Vigilar que su ayudante realice las tareas requeridas en el taller.

Mantener constante comunicación con el coordinador de operaciones con el fin de reportar los desperfectos detectados en los vehículos debido a un mal uso o falta de mantenimiento.

Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que le sean encomendadas.

PUESTO: BASCULISTA

ACTIVIDAD. Es quien controla a los pesos de los vehículos que ingresaran a depositar residuos al relleno sanitario.

FUNCION. Este trabajador es el encargado directo para operar la báscula de pasaje por medio del impresor de boletos, también deberá reportar las fallas de

la báscula al coordinador, informar diariamente sobre la cantidad de residuos sólidos pesados llevando un control sobre cada viaje y camión recolector.

PUESTO: ALMACENISTA

FUNCION. Es quien controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercancías u otros artículos que se manejan en la bodega o almacén del que es responsable.

Vigila el orden dentro del establecimiento, supervisa o hace las entregas de los mismos mediante la documentación establecida; lleva registros, listas y archivo de los movimientos ejecutados diariamente; hace reportes y relaciones de materiales faltantes. Puede formular pedidos de materiales, etc.

PUESTO: AYUDANTE DEL OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA

ACTIVIDAD. Es el trabajador que ejecuta labores de lubricación, limpieza y mantenimiento de las partes móviles del tractor; lava motor, revisa los niveles de combustibles, reponiendo el faltante o cambiándolo, según las indicaciones del operador, lubrica las partes provistas de graseras. Se auxilia de herramientas propias del oficio.

FUNCION. Dentro de la operación del relleno sanitario, este trabajador ayuda al operador a llenar el tanque del combustible, a levantar, inclinar o nivelar la hoja topadora, acomodar mediante un rastrillo ciertos materiales voluminosos para su compactación, limpia las orugas o carriles del tractor, también ayuda a colocar las cadenas para el remolque de camiones atascados.

Recibe las instrucciones del operador para indicarle a los choferes de los camiones recolectores el sitio exacto en donde deberán descargar los residuos sólidos o el material de cubierta cuando el método lo requiera.

Operación del relleno sanitario

Parámetros de operación

Durante toda la vida útil del sitio, la acción mas importante que se desarrolla es la operación, pues mediante ella se logra disminuir los riesgos de contaminación del ambiente y eliminar los elementos nocivos para la salud.

Por ello es importante instaurar controles para que la operación sea ambientalmente aceptable y a bajo costo, considerando la preparación del terreno, la determinación del frente de trabajo, la conformación de celdas y los controles operativos.

- a) Descarga de RSU. Conocida como zona de tiro o de descarga, debe tener el área más pequeña posible, con el fin de minimizar la atracción de pájaros y vectores, considerando un adecuado control sobre los materiales volátiles, así como la producción de polvos y olores.

Por lo general los residuos se depositan en la base de la celda. Se ha observado que un frente de tiro pequeño puede reducir las necesidades de material de cobertura diaria.

- b) Disposición y compactación de RSU

Los residuos serán esparcidos y compactados en capas, utilizando para ello el equipo pesado, con la finalidad de eliminar huecos en la celda y reducir el riesgo de anidación de roedores, de producción de fuego y la formación de encharcamientos, pero sobre todo, tiene la función de ahorrar espacio dentro del relleno. La compactación consiste en el paso repetido del equipo pesado sobre los residuos (de 3 a 5 veces).

Se recomienda que las capas a compactar no rebasen los 0.5 m de altura antes de ser compactados, ya que a espesores mayores la eficiencia de compactación del equipo se reduce. Es importante mencionar que para la norma oficial mexicana, se establecen parámetros de compactación por tipo de relleno sanitario, los cuales habrá que alcanzar ya sea mediante el empleo de maquinaria o mano de obra. Los rangos van de 750 hasta 300 kg/m³.

c) Pendientes, taludes y cortes

La pendiente de la superficie de trabajo debe permitir la estabilidad y adecuada compactación de los materiales.

Cuando se excede el ángulo de reposo de los RSU se provocan deslizamientos y erosión por efecto de la lluvia o viento. Por lo

general la pendiente limite es hasta 1.75:1. La pendiente afecta el grado de compactación: a menor pendiente, mayor compactación.

Las superficies cubiertas en el sitio de disposición final deberán tener taludes que favorezcan el drenado lateral del agua pluvial para prevenir encharcamientos. Estos taludes deben considerar pendientes que favorezcan el crecimiento vertical del confinamiento de acuerdo al diseño elaborado.

d) Cobertura diaria

Al finalizar las actividades diaria de esparcido y compactado de residuos, es necesario colocar una cubierta de protección, ya sea de material natural o sintético, cumpliendo con la función primordial de impedir la dispersión de materiales ligeros que han sido previamente depositados y compactados, así como evitar la proliferación de fauna nociva. Al usar materiales naturales se recomienda poner en capas de por lo menos 0.15 m y compactarlas, con frecuencias están en función del ingreso diario de residuos.

Para la NOM -0832-SEMARNAT-2003, se contempla que como forma de control de materiales ligeros, fauna nociva e infiltración pluvial, los residuos dispuestos deberán ser cubiertos en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 horas posteriores a su depósito para los rellenos sanitarios tipo A al C. Para los rellenos tipo D se pide una cobertura semanal.

Tabla.8.12 Recomendaciones para la cobertura de celda diaria.

Tipo de relleno sanitario	Deposito de RSU(Ton/d)	Frecuencia de cobertura
A y B	Mas de 50	Diaria
B y C	De 5 a 50	Cada 48 hrs.
D	De 1 a 5	Cada 96 hrs., o una vez a la semana
D	Menos de 1	A determinar

e) Cobertura intermedia

Cuando una celda de cobertura diaria va a estar expuesta por más de un año a la intemperie, debe ser cubierta con una capa intermedia, natural o artificial, que impida la infiltración de agua de

lluvia. Se recomienda que al emplear materiales naturales (tepetate), estos se compacten en capas de por lo menos 0.30 m cubriendo toda la superficie de la celda.

Para los casos en que posteriormente se construya una celda encima de una celda con cobertura intermedia, se deberá retirar antes esta capa permitir nuevamente la precolación de los lixiviados generados en la celda superior hasta al fondo, donde se encuentra el sistema de captación.

Manual de operación

El contenido del manual de operación tendrá los puntos de operación más sobresalientes:

- a. Métodos de control de entrada, de frente de trabajo, de bancos de material y de talleres de suministro de refacciones y consumibles para la maquinaria, prohibiendo el ingreso de residuos peligrosos y radioactivos,
- b. Métodos de registro para la cantidad y tipo de residuos sólidos que ingresaran al sitio,
- c. Vías internas dentro del sitio, según se abran o cierren las celdas diarias y macro celdas,
- d. Señalización interna, tanto informativa, preventiva como restrictiva,

- e. La descripción, paso por paso, de los métodos de operación del relleno sanitario,
- f. El cronograma de operación, para el funcionamiento diario, mensual, trimestral, semestral y anual,
- g. Control de avance del relleno sanitario a través de los cronogramas de operación y el registro en bitácoras donde se consignen todos los detalles del trabajo diario,
- h. Programas específicos de control de calidad en la construcción de celdas, el mantenimiento de equipo y maquinaria y el monitoreo ambiental del sitio,
- i. Registro de la generación y manejo, incluyendo recirculación, del lixiviado,
- j. Registro de la generación y control del biogás,
- k. Registro de la canalización de los escurrimientos pluviales,
- l. Manual de organización y procedimientos para el personal administrativo y operativo, que contenga el perfil requerido, la descripción de puestos y funciones y el reglamento interno de trabajo,
- m. Manual de seguridad e higiene en el trabajo, tanto para el personal administrativo como el operativo,
- n. Las acciones de urgencia mas sobresalientes,

- o. Planes de contingencia en caso de incendios, explosiones, sismos, fenómenos meteorológicos graves y derrames accidentales de combustible, y
- p. Canales y formas de comunicación interna y con las entidades externas involucradas en el funcionamiento del sitio.

De todos estos puntos, se considera en la nueva norma oficial mexicana que los correspondientes a los incisos a, b, f, h, i, j, n y o son indispensables para los rellenos sanitarios de los tipos A al C.

Monitoreo ambiental

Instituir un programa de monitoreo para mantener la operación del relleno sanitario dentro de los estándares nacionales e internacionales que apliquen, aunado a documentar el comportamiento ambiental de la instalación y demostrar que no provoca impactos ambientales significativos. Las actividades consideradas como obligatorias son el monitoreo ambiental de la emigración de biogás y la calidad del agua subterránea. Para ello se recomienda hacer uso de información previa, como la siguiente:

- Determinación de posibles direcciones y vías de emigración del biogás según: viento dominante, estratigrafía superficial, fluctuación estacional del nivel freático, composición de los residuos, extensión del área de amortiguamiento, etc.;

- Tasa de generación de biogás durante la vida útil y la posclausura del sitio;
- Ubicación de los pozos de venteo y de monitoreo de biogás, acorde con la previsión de emigración y de agua subterránea;
- Secciones y especificaciones de los pozos de venteo y de monitoreo de la emigración de biogás.

El monitoreo ambiental es obligatorio para los rellenos sanitarios tipo A y B

Monitoreo de biogás

Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás que tenga como objetivo conocer el grado de estabilidad de los residuos y tomar las medidas de mitigación conducentes. Se especificarán los parámetros a determinar, equipos y técnicas a emplear, así como la frecuencia de muestreo. Se recomienda que para la composición del biogás (determinación de metano, bióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno) se realicen muestreos y análisis trimestrales, mientras que la determinación de niveles de explosividad, toxicidad y flujo de gases se haga de forma rutinaria diaria.

Monitoreo de lixiviados

Este programa tiene el objetivo de conocer las características del lixiviado producido por los residuos depositados y así tomar las medidas para su tratamiento.

Se recomienda que cada seis meses se haga el análisis de ph, DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y metales pesados.

Monitoreo de acuíferos

Los puntos de muestreo para el acuífero deberán corresponder a las condiciones particulares del sistema de flujo hidráulico, teniendo por lo menos dos pozos de muestreo (uno aguas arriba y otro aguas abajo) a las afueras del relleno sanitario.

La perforación y operación de los pozos de monitoreo debe contar con la autorización correspondiente ante la Comisión Nacional de Agua (CNA). La frecuencia de muestreo recomendada es semestral, atendiendo a los mismos parámetros determinados para el lixiviado.

8.5 COSTOS Y PRESUPUESTO

Las inversiones que requiera el desarrollo del proyecto no son inmediatas en su totalidad sino que se realizan gradualmente conforme avanza su construcción y operación, y se prorratan hasta el final de su vida útil, lo que si es

determinante para una ejecución pertinente del proyecto, es que todas las inversiones se ajusten al diseño para evitar ineficiencias.

Para realizar cualquier tipo de obra civil se requiere la aplicación de técnicas, cronogramas de ejecución y recursos disponibles. Por lo anterior, a continuación se presenta un programa de inversiones de obra civil e infraestructura, para el relleno sanitario

Tabla 8.13 Programa de inversiones de obra civil e infraestructura por etapas

para el Relleno

No	CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	COSTO \$
1	Camino de acceso y obras complementarias	M ²	6240	1,195,515.20
2	Puente	Metros	10	270,476.70
3	Caminos internos y drenes de control de aguas pluviales	M ²	4725	448,071.75
4	Alumbrados de caminos	ML.	1534	75,426.78
5	Nivelación del terreno natural para relleno	M ²	133334	3,349,350.08
6	Impermeabilización geomembrana y geotextil	M ²	133334	11,436,057.18
7	Líneas de conducción y captación de lixiviados	4", 6", 8", 10"	3687	327,184.38
8	Fosa de lixiviados típica	M ³	27	26,990.01
9	Fosa de lixiviados 10000 m3	M ³	3334	283,390.00

10	Cisterna contra incendio	M ³	27	25,324.11
11	Cisterna para agua potable	M ³	27	25,324.11
12	Colectores de 0.90 y 1.20 mts de diámetro	ML.	463	1,263,763.13
13	Cortina de gravedad			172,240.00
14	Bascula de pesaje de 75 ton de capacidad	PZA.	2	832,520.00
15	Cercado perimetral con malla ciclónica	ML.	1734	208,080.00
16	Pozos de biogás	PZA.	22	707,545.30
17	Oficinas administrativas	M ²	40	70,051.00
18	Caseta de vigilancia	M ²	10.2	17,669.00
19	Caseta de control de pesaje	M ²	9	23,000.00
20	Cobertizo, taller de mantenimiento y estacionamiento	M ²	360	516,808.00
21	Caseta para bombeo de lixiviado con equipo	M ²	4	250,000.00
22	Cubierta final 50 cm. de cubierta vegetal	PZA.	28039	1,826,740.85
23	Adquisición de maquinaria y equipo	PZA.		15,568,300.00
24	Fosas sépticas	LOTE	4	5,077,890.92
25	Reforestación		3669	73,380.00
	TOTAL			44,071,098.50

PROGRAMA DE INVERSIONES

Las inversiones necesarias para un relleno sanitario están integradas por una serie de conceptos en donde destacan principalmente, aquellos originados por la adquisición e instalación de elementos de infraestructura necesarios, tales como:

- Obras de infraestructura para el acondicionamiento del terreno (limpieza, trazo, drenes, cercado, señalamientos, etc.).
- Edificaciones necesarias para la operación (oficinas, caseta de control y vigilancia, cobertizo para equipo y maquinaria, báscula, etc.)
- Adquisición de maquinaria y equipo.
- Instalaciones electromecánicas e hidrosanitarias.

Para conocer la inversión total en el relleno sanitario (It) se deberá aplicar en la siguiente ecuación:

$(It) = c \text{ preparación} + c \text{ construcción} + c \text{ maquinaria y equipo} + c \text{ op.}$

Donde:

$c \text{ preparación}$ = Costo de acondicionamiento del predio que incluye: despalme, desenraice, excavaciones, movimientos de tierras y caminos de acceso e internos.

$c \text{ construcción}$ = la suma de costos de edificación, cerca perimetral, franja de amortiguamiento, oficinas, cobertizo y acometida eléctrica.

$c \text{ o. Protección}$ = suma de costos de obras de protección para el manejo y captación de aguas pluviales, lixiviados y biogás.

$c \text{ maq. y equip}$ = tractor, cargador, camiones para acarreo, camioneta de apoyo, herramienta y equipo menor.

Asimismo, para trabajar con costos unitarios y estimar el costo de inversión por unidad (C.I.U.) se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$C.I.U. = (c_{terr} + c_{prep} + c_{const} + c_{o.p} + c_{maq. \text{ y eq.}}) / \text{vida util}$$

5

Vida útil = La vida útil del relleno es la capacidad de los residuos sólidos que contendrá el relleno sanitario, y se expresa en toneladas.

Al estimar una inversión total para cualquier proyecto de ingeniería resulta indispensable determinar los importes parciales, es decir, realizar una programación de inversiones en función de los conceptos a ejecutar, orden de importancia o secuencia constructiva y su tiempo de ejecución.

El realizar este tipo de programación permite determinar las erogaciones necesarias en un lapso de tiempo previamente establecido (semana, mes, año), y con esto definir estrategias financieras.

En particular para este proyecto, la programación se presenta de acuerdo a la duración de la vida útil operativa total del relleno sanitario, considerando el importe total por año.

INVERSIONES DE EQUIPO

Para el buen funcionamiento del relleno sanitario es imprescindible contar con maquinaria adecuada para las condiciones de trabajo que exige obra de ingeniería.

La selección del equipo depende de varios factores. Los criterios básicos para su elección fueron: la cantidad de basura que recibirá el relleno Sanitario y las características del material a remover y compactar. Con base en lo anterior, la eficiencia queda determinada como la capacidad de alcanzar la producción deseada al más bajo costo posible. Tomando en cuenta lo anterior y pensando en los volúmenes a manejar en la primera fase operativa la maquinaria y equipo que se utilizará en el relleno es la siguiente:

Tabla 8.14 De estimación de costos de inversión en equipamiento para el relleno sanitario.

CONCEPTO	CANTIDAD	IMPORTE \$
Compactador 826c	1	4,320,000.00
Tractor D8N	1	3,993,600.00
Motoniveladora 130G	1	1,843,200.00
Cargador frontal 960F	1	1,968,000.00
Camión volteo	4	1,800,000.00
Camión pipa	1	350,000.00
Pick up	2	415,980.00
Bascula electrónica	2	832,520.00
Equipo de lavado y lubricación	1	15,000.00
Aspersor y encaladora	1	3,500.00
Compresora y accesorios	1	25,000.00
Bomba centrifuga	1	1,500.00
TOTAL		15,568,300.00

Los costos operacionales del relleno sanitario incluyen todos aquellos que directamente dependen del funcionamiento del propio relleno; dentro de los cuales están considerados los correspondientes al salarios del personal técnico y administrativo; materiales de consumo que se generan con el equipo utilizado en el acomodo, colocación y compactación de los residuos, extracción, acarreo y colocación del material de cobertura necesario, materiales de protección y de oficina.

Asimismo pago de servicios como son arrendamientos, servicio de luz, agua, viáticos, pesajes, mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, mantenimiento de instalaciones, asesoría y capacitación.

Para determinar el costo de operación exclusivamente en el relleno (Co) se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$Co = Ss + C1 + Rm + Mr + G \text{ ad.}$$

Donde:

Ss = Salarios, sueldos y prestaciones de los operarios.

C1 = Costo de combustibles y lubricantes (materiales de consumo)

Rm = Costo de reparaciones y mantenimiento preventivo (pago de servicios)

Mr = Costo de material de cubierta (si no estuviera disponible en el predio), materiales de consumo).

G ad. = Gastos administrativos; (gastos de papelería, mantenimiento de oficina, costos de servicios de luz, teléfono, correo, agua). (pago de servicios).

Para trabajar con costos unitarios (N\$/t) se debe calcular el costo de operación por unidad (C.O.U.) para cada periodo aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{C.O.U. (Co = Ss + C1 + Rm + Mr + G ad.)}/\text{Período.}$$

Periodo = Es la cantidad de toneladas de residuos sólidos municipales, que se manejará en el relleno sanitario en el lapso de tiempo que se desee conocer el costo.

Tabla8.15 sueldos y salarios del personal.

PUESTO	TOTAL	MENSUAL	TOTAL MENSUAL	TOTAL ANUAL
Residente General	1	18,200.00	18,200.00	218,400.00
Auxiliar administrativo	1	7,500.00	7,500.00	90,000
Coordinar Operativo	1	12,000.00	12,000.00	144,000.00
Secretaria	1	4000.00	4000.00	48,000.00
Basculista	1	2,700.00	2,700.00	32,400.00
Analista	1	5000.00	5000.00	60,000.00
Chofer de camioneta	1	4500.00	4500.00	54,000.00
Mecánico	2	8,000.00	16,000.00	192,000.00
Ayudante de maquinaria pesada	1	2,500.00	2,500.00	30,000.00
Operador de maquinaria	5	7,200.00	36,000.00	432,000.00
Chofer de volteo	4	3,400.00	13,600.00	163,200.00
Auxiliar de chofer	1	2,500.00	2,500.00	30,000.00
Acomodador	1	2,500.00	2,500.00	30,000.00
Chegador de material de cobertura	1	2,500.00	2,500.00	30,000.00
Chegador de maquinaria	1	2,500.00	2,500.00	30,000.00
Velador	1	3,000.00	3,000.00	36,000.00
Vigilante	2	3,000.00	6,000.00	72,000.00
Almacenista	1	3,500.00	3,500.00	42,000.00
Topografo	1	5,700.00	5,700.00	68,400.00
Cuadrilla de topografía	2	3,200.00	6,400.00	76,800.00
Brigada de limpieza	4	2,500.00	10,000.00	120,000.00
TOTAL				1,999,200.00

Tabla 8.16 Pagos de servicios e insumos

CONCEPTO	Costo anual (\$)
Servicios generales	104,995.00
Mantenimiento preventivo de maq. y equipo	60,000.00
Recarga de extinguidores	105,000.00
Mantenimiento en instalaciones	15,000.00
Asesoría técnica	80,000.00
Capacitación	15,000.00
Seguros de vehículos	35,000.00
Material de cobertura	1,594,500.00
TOTAL	2,009,495.00

Tabla 8.17 Combustibles, lubricantes y llantas

CONCEPTO	Costo anual (\$)
Combustibles	1,232,352.00
Lubricantes	81,000.00
Llantas	124,000.00
TOTAL	1,437,352.00

Tabla 8.18 Resumen del costo directo anual de operación

CONCEPTO	Costo anual (\$)
Sueldos y salarios	1,999,200.00
Pagos de servicios e insumos	2,009,495.00
Combustibles, lubricantes y llantas	1,437,352.00
TOTAL	5,446,047.00

8.6 PLANES DE CLAUSURA

El diseño y la construcción de vertederos es una actividad continua que finaliza solamente cuando toda la capacidad disponible o permitida de la zona ha sido completada con residuos sólidos. Cuando esto se produce el vertedero se debe cerrar, acción final en una instalación que no va a recibir más residuos sólidos.

Como unidad para la gestión de residuos, un vertedero, cuando esta completo, debe seguir funcionando eficazmente como una unidad para el control ambiental de los residuos durante un largo periodo de tiempo en el futuro. Las normativas sobre vertederos han llegado a ser cada vez más estrictas y obligatorias y muchos estados han requerido la inclusión de un plan de clausura como parte del proceso de aprobación del proyecto, antes de comenzar las operaciones de construcción y vertido. El plan de clausura debe mostrar todas las características del lugar completo e identificar las entidades responsables para implantar la clausura de las instalaciones. Normalmente los planes de clausura desarrollados cuando se abre un vertedero se modifican durante el tiempo de explotación. Por tanto, es importante poner al día periódicamente el plan de clausura.

En un plan de clausura se deben afrontar las siguientes cuestiones:

- Diseño de la cobertura final.
- Sistemas de control de las aguas superficiales y de drenaje
- Control de los gases de vertedero
- Control y tratamiento de los lixiviados
- Sistemas de supervisión ambiental

Los procesos biológicos naturales que se producen en el vertedero causaran finalmente la estabilización del vertedero y llegara a ser utilizable para otros fines de la comunidad. En el plan de clausura deberían identificarse también los usos potenciales de los vertederos agotados.

Tabla 8.19 Elementos típicos de un plan de clausura de vertedero

Elemento	Actividad típica
Utilización postclausura del terreno	Designación y adopción
Diseño final de cubrición	Seleccionar la barrera de infiltración, pendientes superficiales finales y vegetación
Sistemas de control de agua superficial y drenaje	Calcular las cantidades de aguas pluviales para la escorrentía y seleccionar la localización y tamaños de los canales perimétricos para recoger la escorrentía y prevenir la entrada de aguas superficiales
Control de gases de vertedero	Seleccionar las localizaciones y la frecuencia de la supervisión del gas y fijar el horario operacional para los pozos de extracción de gas y antorchas, si son necesarias
Control y tratamiento de lixiviados	Fijar el horario operacional para la separación y tratamiento de lixiviados, si es necesario
Sistemas de supervisión ambiental	Seleccionar las localizaciones de muestreo y la frecuencia de la supervisión, así como los constituyentes que se van a medir

Diseño de la cobertura final

La cobertura final es la superficie que se va a colocar sobre un vertedero después de recibir todos los residuos. El diseño de la cobertura final es una parte integral del plan del desarrollo del lugar. El diseño de la cobertura final debe satisfacer dos funciones: 1) asegurar la integridad postclausura a largo plazo del vertedero con respecto a cualquier emisión ambiental y 2) soportar el crecimiento de la vegetación o soportar otras posibles utilidades.

Parámetros de diseño para la cobertura. Los parámetros de diseño típicos para la cobertura incluyen: 1) configuración del diseño, 2) permeabilidad final, 3) pendiente superficial, 4) tratamiento paisajístico, 5) método de recuperación tras producirse asentamientos en el vertedero y 6) estabilidad de la pendiente bajo cargas estáticas y dinámicas.

Sistemas de control de aguas superficiales y del drenaje

Las características artificiales y naturales del entorno del vertedero controlan el agua superficial y subterránea. Cuando las características artificiales y naturales están bien integradas, deben ser eficaces para el control de la entrada de aguas superficiales y de la escorrentía, así como para prevenir que las aguas subterráneas penetren el recubrimiento del vertedero. Cuando el vertedero está clausurado, debe diseñarse el sistema de control del drenaje en función de la utilización a largo plazo del lugar. Las aguas procedentes de la lluvia y nieve han de discurrir sobre la superficie de cobertura final sin que se produzca una erosión excesiva o una filtración. El mayor riesgo es el estancamiento de las aguas superficiales en zonas de asentamiento del terreno. En el diseño de las instalaciones para el control del drenaje deben incluirse las siguientes cuestiones: 1) recogida y desviación de las aguas superficiales fuera de la superficie del vertedero, en la mayor distancia posible; 2) selección de rutas de canalización y drenaje, que arrastraran las aguas con

velocidades que eviten sedimentación; 3) el uso de pendientes superficiales suficientes como para maximizar la desviación de la escorrentía superficial y a la vez minimizar la erosión superficial y 4) especificaciones para los materiales según las características del drenaje que permitan el arreglo y reemplazo cuando se asiente el vertedero.

Control de los gases de vertedero

Después de clausurar un vertedero, hay que controlar los gases durante todo el tiempo que dure su generación. El sistema utilizado para controlar el gas vertedero durante la explotación también se usa para controlar los gases después de la clausura del vertedero. Los pasos de diseño más importantes son: la selección de materiales y la colocación de las chimeneas, la selección y colocación de válvulas tuberías de recogida en la cobertura final. Los materiales utilizados en la fabricación de las tuberías deben ser flexibles para soportar los movimientos cuando el terreno se asienta, y suficientemente fuertes como para soportar la carga del paso de vehículos sobre la superficie durante el mantenimiento de la vegetación y de las instalaciones para la extracción y recogida del gas.

Control y tratamiento de lixiviados

Para minimizar el movimiento de los lixiviados hacia las aguas subterráneas y la emisión de los constituyentes disueltos, el recubrimiento se debe construir bajo un estricto control de calidad. La cantidad del lixiviado que se va a controlar y tratar después de la clausura del vertedero esta en función del diseño de la cobertura final de los tipos de residuos colocados en el vertedero y del clima de la región, especialmente las precipitaciones. Con una cobertura efectiva, disminuirá la cantidad del lixiviado después de la clausura hasta que se recojan solamente los lixiviados generados por la descomposición de los residuos.

Las instalaciones de recogida y tratamiento de lixiviados se diseñan y se construyen cuando el vertedero empieza a explotarse. Después de la clausura se utilizan las mismas instalaciones.

Sistemas de supervisión ambiental

La última parte de un plan de clausura implica a las instalaciones de supervisión ambiental. La supervisión ambiental es necesaria para asegurar el mantenimiento de la integridad del vertedero con respecto a la emisión incontrolada de contaminantes al ambiente. En la mayoría de los casos, la selección de las instalaciones y de los procedimientos que van a incluirse en un plan de clausura estará en función de las instalaciones de control ambiental utilizadas durante la explotación del vertedero antes de su clausura.

La selección de los métodos y de las instalaciones de supervisión ambiental para los vertederos clausurados tendrá más éxito cuando se realice de acuerdo con las líneas directrices de la entidad regulatoria.

Tabla 8.20 Instalaciones de supervisión ambiental instaladas durante la construcción y explotación del vertedero y utilizadas después de la clausura.

Instalación de supervisión	Función durante la explotación	Función después de la clausura
<p>Pozos de supervisión de aguas subterráneas</p> <p>Pendiente arriba</p> <p>Pendiente abajo</p>	<p>Muestreo de agua en la localización para medir la calidad del agua</p> <p>Muestreo de agua en la localización para detectar el movimiento de contaminantes de lixiviados; si hay contaminantes parar las operaciones y corregir el problema con un recubrimiento; los pozos funcionan como una variable de control para las operaciones</p>	<p>Las mismas funciones que durante la explotación</p> <p>Muestreo de agua en la localización para detectar cualquier acumulación de lixiviados creada por un recubrimiento con fuga; una localización de referencia de datos para definir la dirección y la velocidad del movimiento de una acumulación</p>
<p>Lisímetros de la zona aireada</p>	<p>Localización de muestreos para detectar líquidos en los suelos por encima del agua subterránea; si hay líquidos, parar operaciones y determinar la causa; corregir los problemas antes de emprender de nuevo la explotación.</p>	<p>Localización de muestreo para detectar los líquidos en los suelos por encima del agua subterránea; si hay líquidos, completar investigaciones extras acerca de la causa.</p>
<p>Chimeneas de</p>	<p>Localización de muestro para</p>	<p>Localización de muestreo</p>

gas	gases contaminantes	para gases combustibles pozos de extracción de gas para controlar y separar el gas metano después de la clausura
Instalaciones de tratamiento de lixiviados	Medición de la cantidad de lixiviados y punto de muestro de calidad	Las mismas funciones que durante la explotación
Estanque colectores para aguas pluviales	Retener aguas pluviales para su salida regulada; medir la cantidad y muestreo de calidad	Las mismas funciones que durante la explotación

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las recomendaciones de operación en lo general son las siguientes:

- Colocar la señalización adecuada en accesos e interior del relleno sanitario.
- Realizar mantenimiento constante a caminos de acceso, principal e internos, así como al puente de acceso.
- Deberá de seguirse el sistema de impermeabilización que se establece en el proyecto.
- Deberá de construirse el sistema de drenes para captación y conducción de lixiviados, así como, las fosas de almacenamiento de acuerdo al proyecto.
- Se debe poner especial atención en la construcción de las obras hidráulicas, principalmente los colectores en el arroyo del pedregal de la cortina y los secundarios, así como cunetas y drenes pluviales.
- El establecimiento del sistema de control del biogás pasivo, en un principio y previo análisis de la composición, flujo y temperatura colocar un sistema activo en aquellos pozos que lo requieran, colocando pozos de monitoreo dentro de los mismos pozos de venteo de biogás.
- Extremar controles de la fauna nociva, para lo cual, su principal control radiaría en la cobertura diaria de los residuos.
- Se deberán extremar las medidas para el control de ingreso de posible introducción de residuos peligrosos.
- Las recomendaciones aquí establecidas solamente son enunciativas mas no limitativas, por local, en el futuro y en función de las necesidades se ampliarán y/o modificarán para lograr una operación más eficiente.

CONCLUSIONES

Una buena gestión de los residuos debe favorecer su reciclaje y la utilización de materiales recuperados como fuente de energía o materias primas, a fin de contribuir a la preservación y uso racional de los recursos naturales.

La gestión integral de residuos sólidos se convierte en una parte integrante de la economía de los países, la problemática de los residuos ocupa un lugar prioritario y los sectores públicos y privados demandan actividades tendentes a minimizar los prejuicios medioambientales de los procesos productivos e industriales.

Difusión de la cultura del reciclaje a través de la separación de desperdicios aprovechables, y sobre temas relacionados con el medio ambiente, a todos los miembros de la Ciudad, impactando en la formación integral de la persona, buscando una participación activa de la comunidad ya que son parte fundamental para el proceso. Promocionar la recuperación y el reciclaje de materiales y programar la recolección y el tratamiento de los que no se puede reciclar.

Aprender que la participación de todos ayudara a mejorar las condiciones medioambientales en nuestra comunidad lo cual nos hace los únicos seres capaces y responsables de determinar la mejora de nuestro ecosistema.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Fuentes bibliograficas

1. AGUILAR, Margot, 1999, Reciclamiento de basura, Trillas, México.
2. CORBITT, Robert, 2003, Manual de referencia de la ingeniería medioambiental, McGrawHill, España.
3. JIMÉNEZ, Blanca, 2001, La contaminación ambiental en México, Noriega, México.
4. LUND, Herbert, 2001, Manual de reciclaje, McGrawHill, España
5. TCHOBANOGLIOUS, Theisen, Vigil, Gestión integral de residuos sólidos, McGrawHill, México.
6. TREJO, Rodolfo, 1994, Procesamiento de la basura urbana, Trillas, México.

Documentos electrónicos

7. Lombricultura Argentina. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos [en línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: <http://www.lombricultura-arg.com.ar/residuos.htm>
8. Lovece, Andrea, Villarreal Luisina. [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: <http://www.scruz.gov.ar/recursos/educacion/opiaus01/gestiony.htm>
9. Canevari Fernando. Planta de Recuperación y reciclaje de Residuos sólidos Urbanos – Ciudad de Rauch, Argentina. [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: <http://www.ingenierioambiental.com/?pagina=797>>

10. Fuentes Enrique, Mejia Alain. Proyecto para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos, Quetzaltenango (Guatemala) [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: <http://www.habitat.aq.upm.es/dubai/00/bp579.html>>
11. Ingeniería Ambiental. Residuos sólidos [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/medioambiente.html>>
12. Cordova Daniel Porfirio, Valderrama Aldo Alim. Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en el Relleno Sanitario de la ciudad de Puno – Peru. [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/contamin-relleno/contamin-relleno.shtml>>
13. Comisión regional de medio ambiente consejo consultivo region de la Araucana. Propuesta para un mejoramiento en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos en la region de La Araucania [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: http://www.conama.cl/portal/1255/articles-29436_recurso_2.pdf
14. Fundación ciudad. La gestion de los residuos solidos urbanos en la region Metropolitana [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: <http://www.fundacionciudad.org.ar/pdf/rsu.pdf>
15. Gestión y tratamiento de los residuos solidos urbanos. Los residuos urbanos y su problemática. [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 10 de junio 2005]. Disponible en: http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm#epig_3>
16. Consorcio ambiental y de servicios S.A. de C.V. Proyecto ejecutivo del relleno sanitario metropolitano poniente “Picachos”. [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 26 de

- agosto 2006]. Disponible en:
http://semades.jalisco.gob.mx/site/06/pdf/proyecto_ejecutivo.pdf
17. Gobierno del estado de México. Manual para la supervisión y control de rellenos sanitarios. [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 26 de agosto 2006]. Disponible en :
<http://www.gtz.org.mx/segem/gtz-segem-manualsupervision.pdf>
18. Gobierno del estado de México. Guía para el desarrollo, presentación y evaluación de proyectos ejecutivos para rellenos sanitarios. [En línea]. Documenting electronic sources on the internet. [Fecha de consulta: 26 de agosto 2006]. Disponible en:
<http://www.edomexico.gob.mx/se/CAM/GUIAPROY-final1.pdf>

GLOSARIO

Acuífero: cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas, que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

Agua subterránea: agua que se encuentra en el subsuelo, en formaciones geológicas parcial o total-mente saturadas.

Altimetría: información topográfica relativa a la configuración vertical o relieve del terreno, expresada mediante el trazo de curvas de nivel referidas a la altitud de bancos de nivel oficiales.

Área de emergencia: área destinada para la recepción de los residuos sólidos municipales, cuando por fenómenos naturales y/o meteorológicos no se permita la operación en el frente de trabajo diario.

Áreas naturales protegidas: zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del hombre, y que han quedado sujetas al régimen de protección.

Aprovechamiento: al hablar de residuos sólidos municipales, se refiere al potencial de uso con fines ambientales que tienen los residuos.

Biogás: mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos, constituida principalmente por metano y bióxido de carbono.

Base del relleno: terreno sobre el cual se construye la infraestructura de un relleno sanitario.

Capacidad de intercambio catiónico: total de cationes intercambiables que puede absorber un suelo, expresado en miliequivalentes por cada 100 g (cien gramos) de masa de suelo seco.

Celda de operación: espacio unitario en un sitio de disposición final para el confinamiento de los residuos.

Celda diaria: espacio necesario para confinar los residuos en un día de trabajo.

Cierre: suspensión definitiva o temporal de la recepción de residuos sólidos municipales en el sitio de disposición final.

Cobertura: capa de material natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos, con el fin de controlar infiltraciones pluviales y emanaciones de gases y partículas, dispersión de residuos, así como el contacto de fauna nociva con los residuos confinados.

Cobertura final de clausura: revestimiento de material natural o sintético, o ambos; que se colocan sobre la superficie del sitio de disposición final, cuando éste ha cumplido su vida útil, abarcando tanto a los taludes como a los planos horizontales.

Control: inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

Clausura: sellado del área de un sitio de disposición final después de la suspensión definitiva de la recepción de residuos sólidos municipales.

Conformación última: adecuación de los niveles finales del sitio de disposición final.

Disposición final: acción de depositar permanentemente en el ambiente, los residuos sólidos municipales.

Estero: terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia, o por desbordes de un río, o laguna cercana, o por el mar.

Estratigrafía: características y atributos de las capas de suelo y roca que permiten su interpretación, en términos de su estructura, superposición, origen, historia geológica y propiedades físicas.

Falla geológica: cuando se producen desplazamientos relativos de una parte de la roca con respecto a la otra, como resultado de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre.

Fauna nociva: conjunto de especies animales potencialmente dañinas para la salud y los bienes, cuyo ciclo biológico se encuentra asociado a los residuos orgánicos.

Frente de trabajo: área del sitio de disposición final en proceso de llenado, que incluye la descarga, esparcido, compactado y cubierta de residuos sólidos municipales.

Infiltración: penetración de un líquido a través de los poros o intersticios del suelo y subsuelo.

Interfase: barrera de suelo natural o constituida con material sintético, necesaria para evitar el paso de lixiviado. Se calcula por unidad de superficie y se expresa en metros (m) de espesor del suelo.

Lixiviado: líquido contaminante que se forma por reacción, arrastre o percolación, siendo el resultado del paso de un disolvente, generalmente agua, a través de un estrato de residuos sólidos y que contiene en disolución y/o suspensión, sustancias contenidas en los mismos.

Marismas: terreno bajo y pantanoso que inundan las aguas del mar, por las mareas y sus sobrantes o por el encuentro de aguas de mar con las de los ríos en su desembocadura.

Manglar: tipo de sociedades vegetales permanentemente verdes, tropicales de tronco corto, que se desarrollan en depresiones de las costas marinas en la zona de mareas, pero protegidas del oleaje, en bahías, lagunas o esteros.

Material de cobertura: material natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos.

Manual de operación: documento que describe las diferentes actividades involucradas con la operación del sitio de disposición final.

Mantenimiento de posclausura: etapa de conservación de las estructuras para el control ambiental, las cubiertas, los caminos y la apariencia en general de un sitio de disposición final que ha sido clausurado.

Monitoreo ambiental: conjunto de acciones para la verificación periódica del grado de cumplimiento de los requerimientos establecidos para evitar la contaminación del ambiente.

Muestras inalteradas de suelo: aquellas que conservan la estructura natural de los suelos con la mínima alteración posible al ser recuperados de su estado original.

Nivel freático: superficie de agua que se encuentra en el subsuelo bajo el efecto de la fuerza de gravitación, que delimita la zona de aireación de la de saturación.

Obras complementarias: conjunto de instalaciones y edificaciones necesarias, para la correcta operación de un sitio de disposición final.

Pantano: hondonada, en donde se recogen y se detienen las aguas, que presenta un fondo más o menos cenagoso.

Parámetros hidráulicos: la conductividad hidráulica, la porosidad, la carga hidráulica, el gradiente hidráulico y los coeficientes de almacenamiento y transmisibilidad, de una determinada unidad geohidrológica.

Permeabilidad: propiedad que tiene una sección unitaria de un medio natural o artificial, para permitir el paso de un fluido a través de su estructura, debido a la carga producida por un gradiente hidráulico.

Planimetría: es la parte del estudio topográfico que determina la ubicación de los límites del predio, describiendo geométricamente en un plano, cualquier elemento de significación, como cursos o cuerpos de agua superficial, áreas de inundación, caminos, líneas de conducción existentes (luz, agua, drenaje, gas,

teléfono y árboles), así como todo tipo de estructuras y construcciones dentro del predio.

Población por servir: la población generadora de los residuos que son depositados en el sitio de disposición final.

Porosidad: relación del volumen de vacíos o poros interconectados en un medio determinado, con respecto a su volumen total.

Relleno sanitario: obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos municipales, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactantes ambientales.

Residuo sólido municipal: material desechado que proviene de actividades que se realizan en casas -habitación, demoliciones y construcciones, así como el asimilable a éstos, generado en establecimientos comerciales, de servicios e instalaciones industriales.

Sistema de flujo: dirección de flujo que sigue el agua subterránea, considerando las zonas de recarga y descarga, las cargas y gradientes hidráulicos a profundidad y el efecto de fronteras hidráulicas. Incluye, además, la interacción con el agua superficial y comprende sistemas locales, intermedios y regionales.

Sitio de disposición final: lugar donde se depositan los residuos sólidos municipales en forma definitiva.

Sitio controlado: sitio de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, sin cumplir con las especificaciones de impermeabilización.

Sitio no controlado: sitio de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma.

Suelo: material o cuerpo natural compuesto por partículas sueltas no consolidadas de diferentes tamaños y de un espesor que varía de unos centímetros a unos cuantos metros, el cual está conformado por fases sólida, líquida y gaseosa, así como por elementos y compuestos de tipo orgánico e inorgánico, con una composición variable en el tiempo y en el espacio.

Subsuelo: medio natural que subyace al suelo, que por su nulo o escaso intemperismo, presenta características muy semejantes a las de la roca madre que le dio origen.

Talud: la inclinación del material de que se trate, con respecto a la horizontal.

Tratamiento: proceso controlado de transformación física, química o biológica de los residuos sólidos municipales.

Uso final del sitio de disposición final: actividad a la que se destina el sitio de disposición final, una vez finalizada su vida útil.

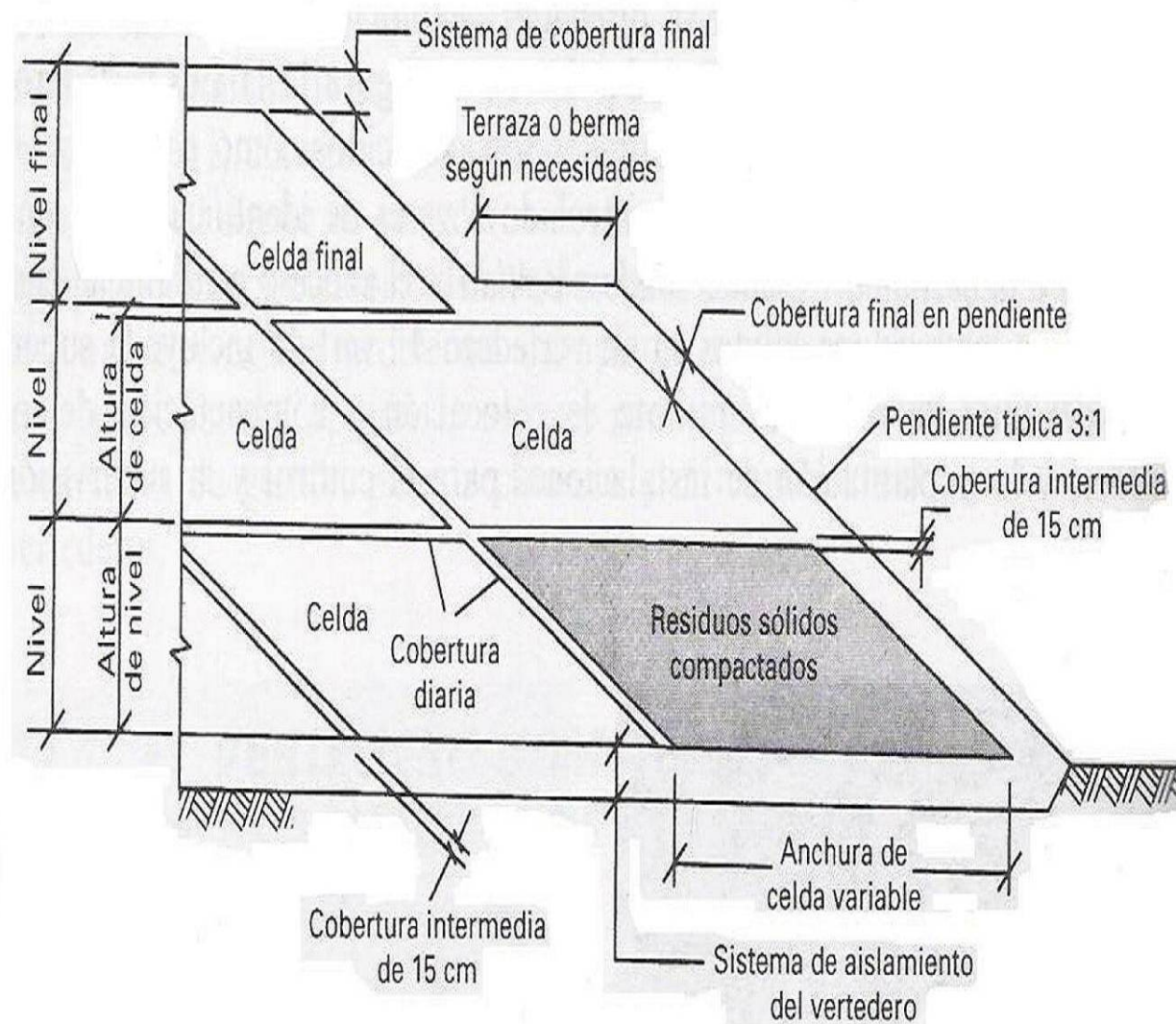
Vida útil: es el periodo de tiempo en que el sitio de disposición final será apto para recibir los residuos sólidos municipales. El volumen de los residuos y material térreo depositados en este periodo, es igual al volumen de diseño.

Venteo: salida controlada de los gases producto de la descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales.

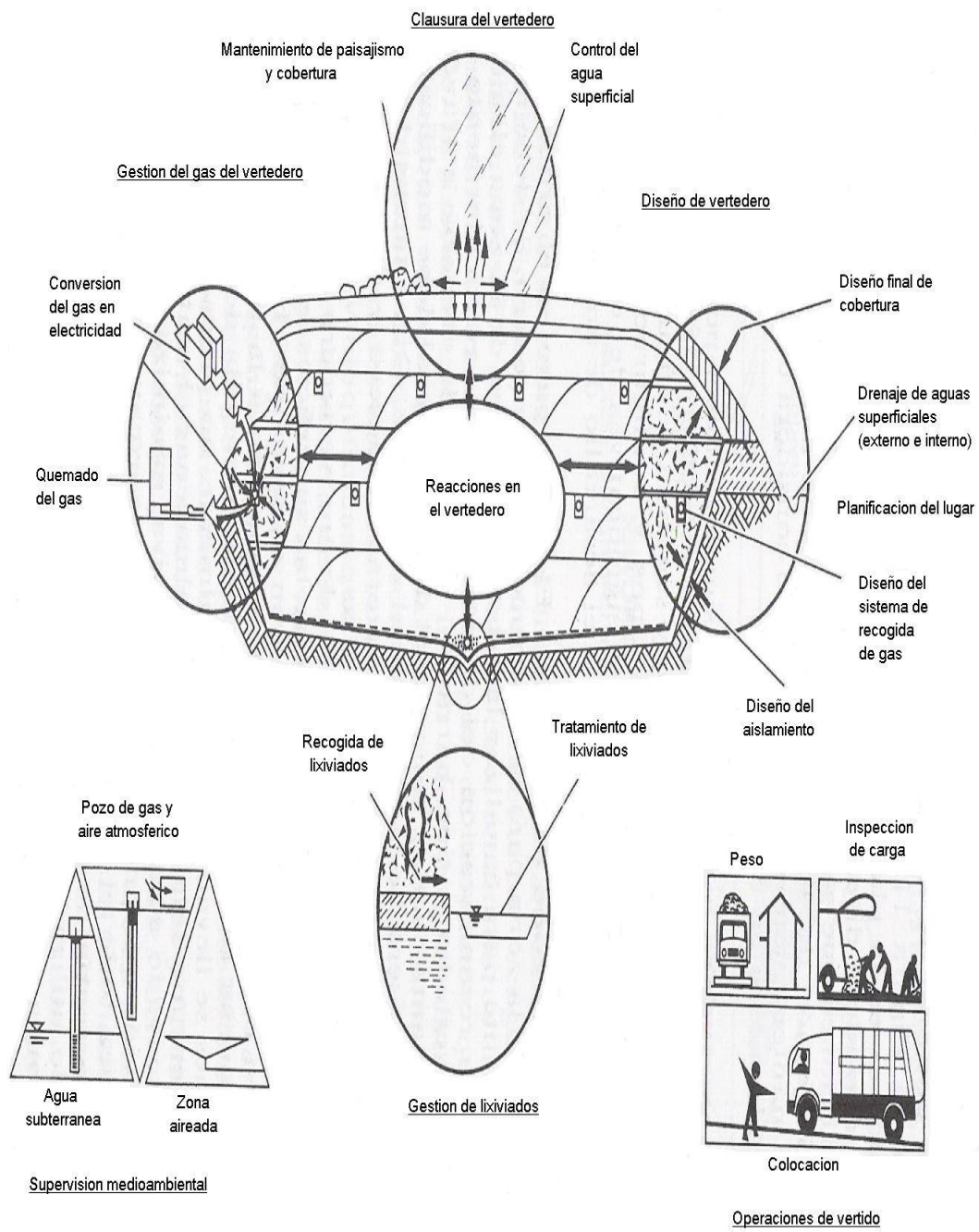
Volumen de diseño: cantidad en metros cúbicos aprovechables del sitio.

ANEXOS

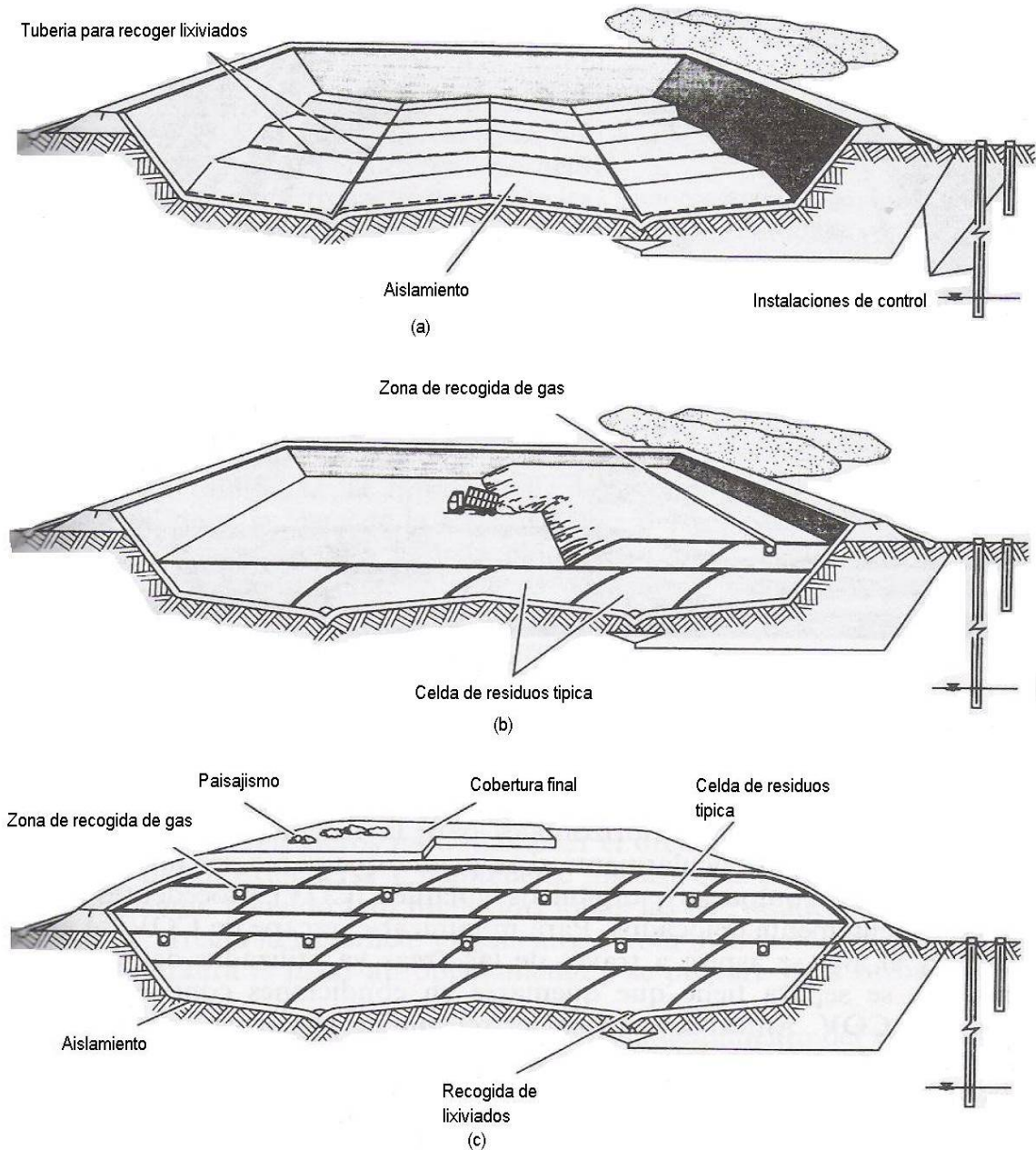
ANEXO A VISTA EN SECCIÓN DE UN VERTEDERO SANITARIO CONTROLADO



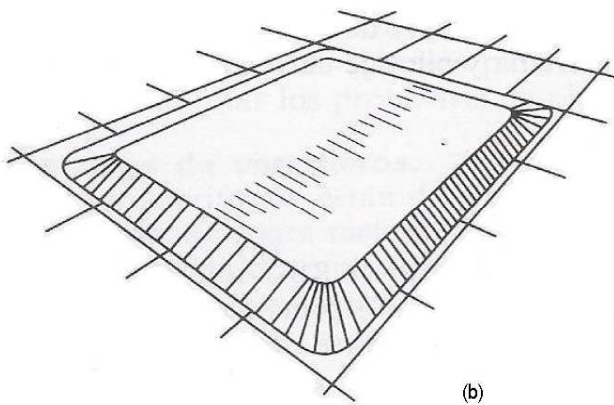
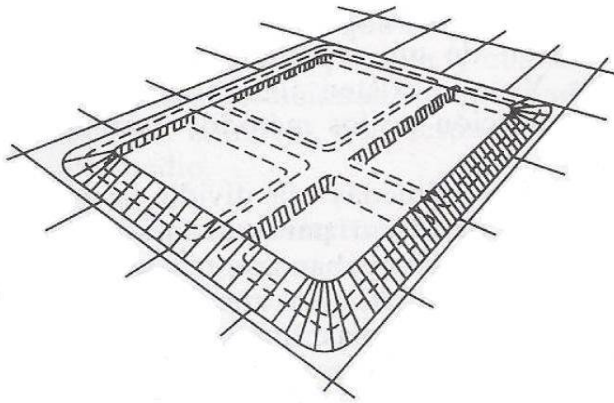
ANEXO B ESQUEMA DE OPERACIONES Y PROCESOS EN VERTEDEROS



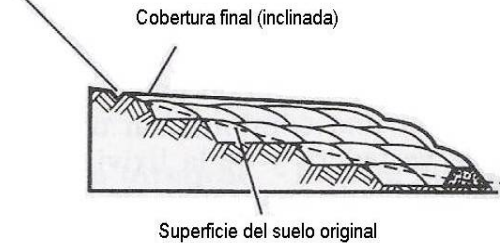
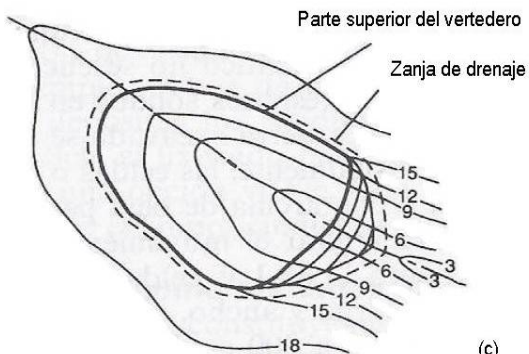
ANEXO C DESARROLLO Y CLAUSURA DE UN VERTEDERO DE RESIDUOS SÓLIDOS (a) EXCAVACION E IMPLANTACION DEL RECUBRIMIENTO DEL VERTEDERO (b) VERTIDO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL VERTEDERO y (c) SECCION DEL VERTEDERO CLAUSURADO



ANEXO D METODOS DE VERTIDO COMUNMENTE UTILIZADOS: (a) CELDA/ZANJA EXCAVADA, (b) ZONA, Y (c) VAGUADA/DEPRESION

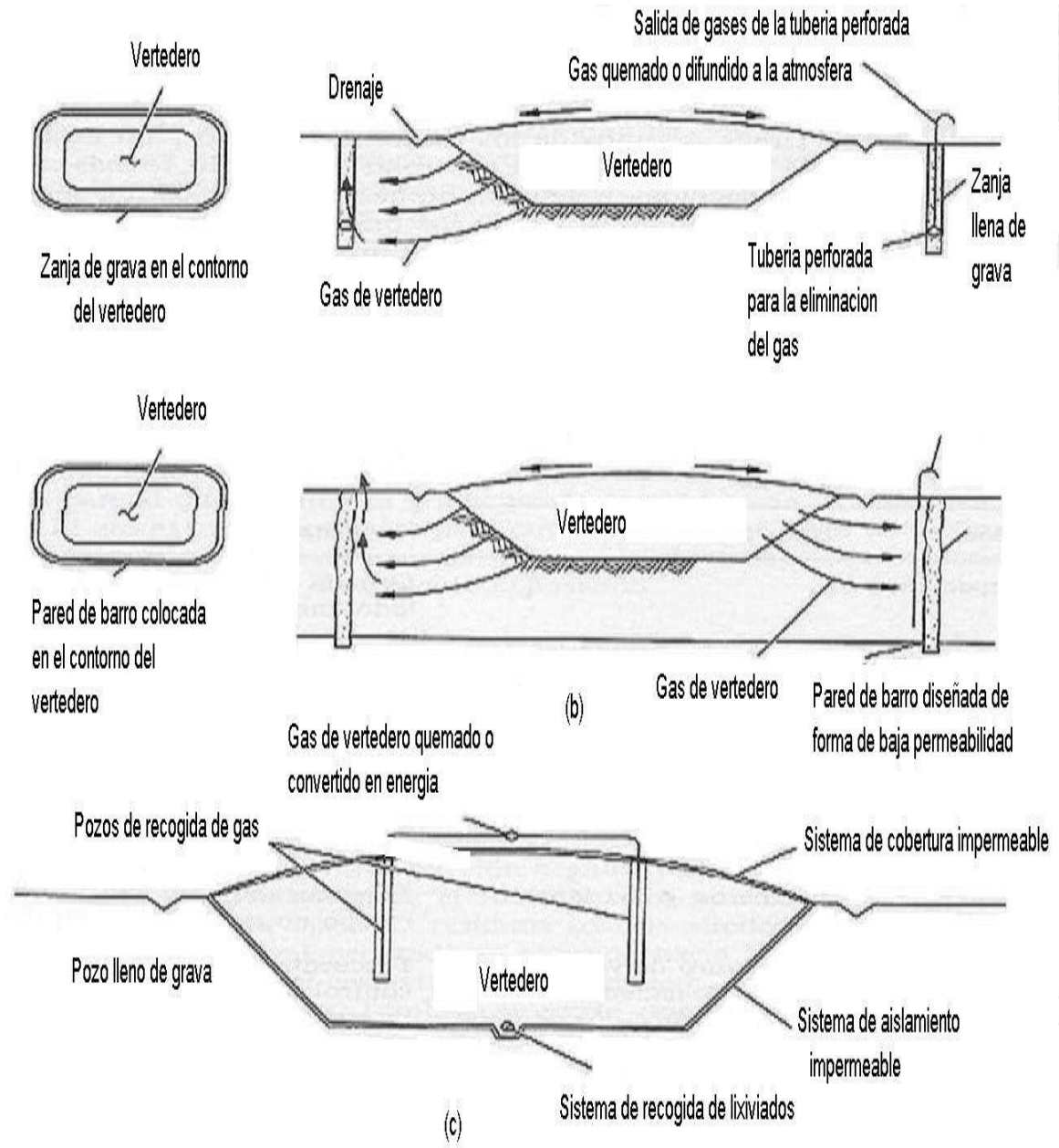


(b)

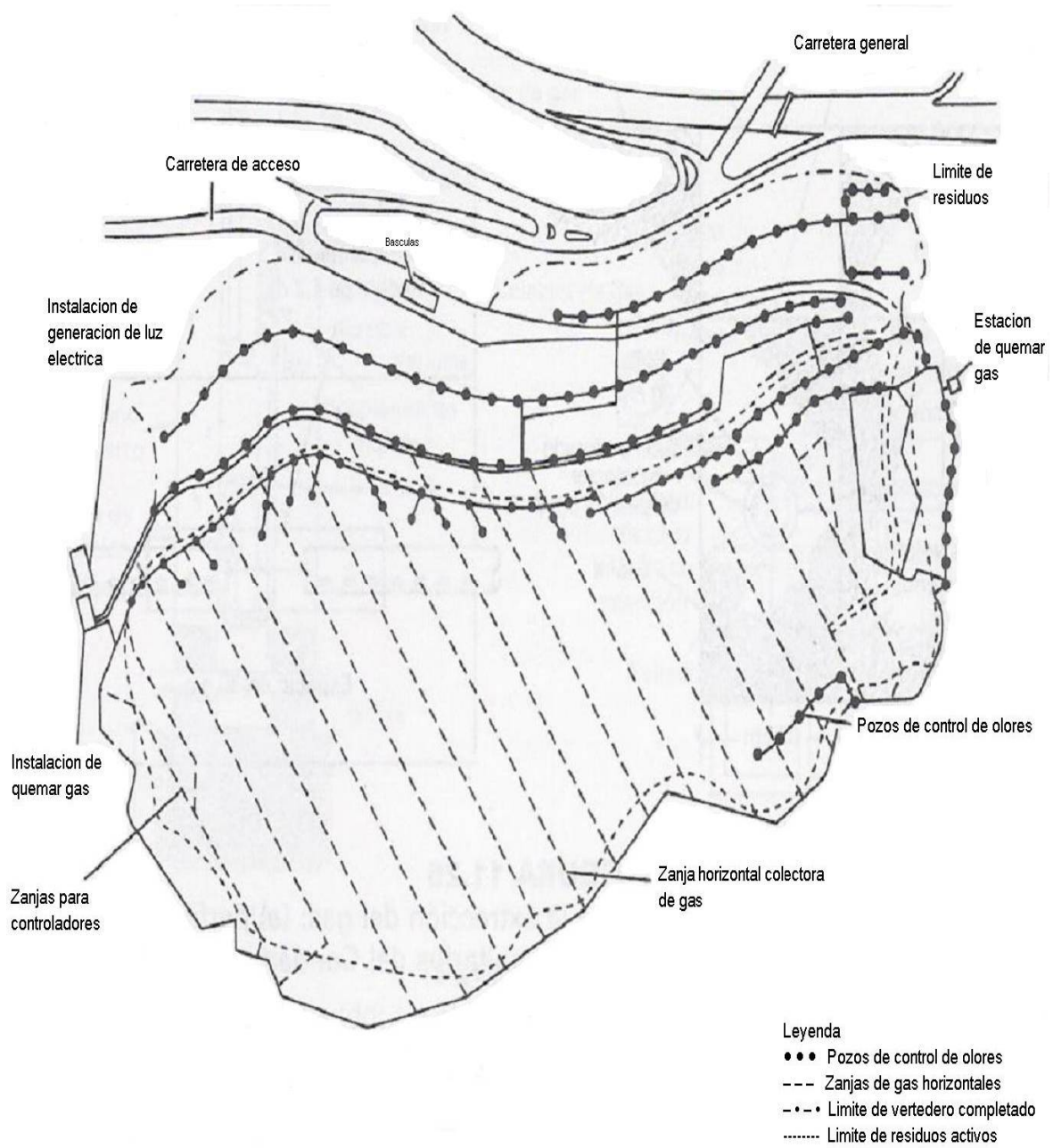


(c)

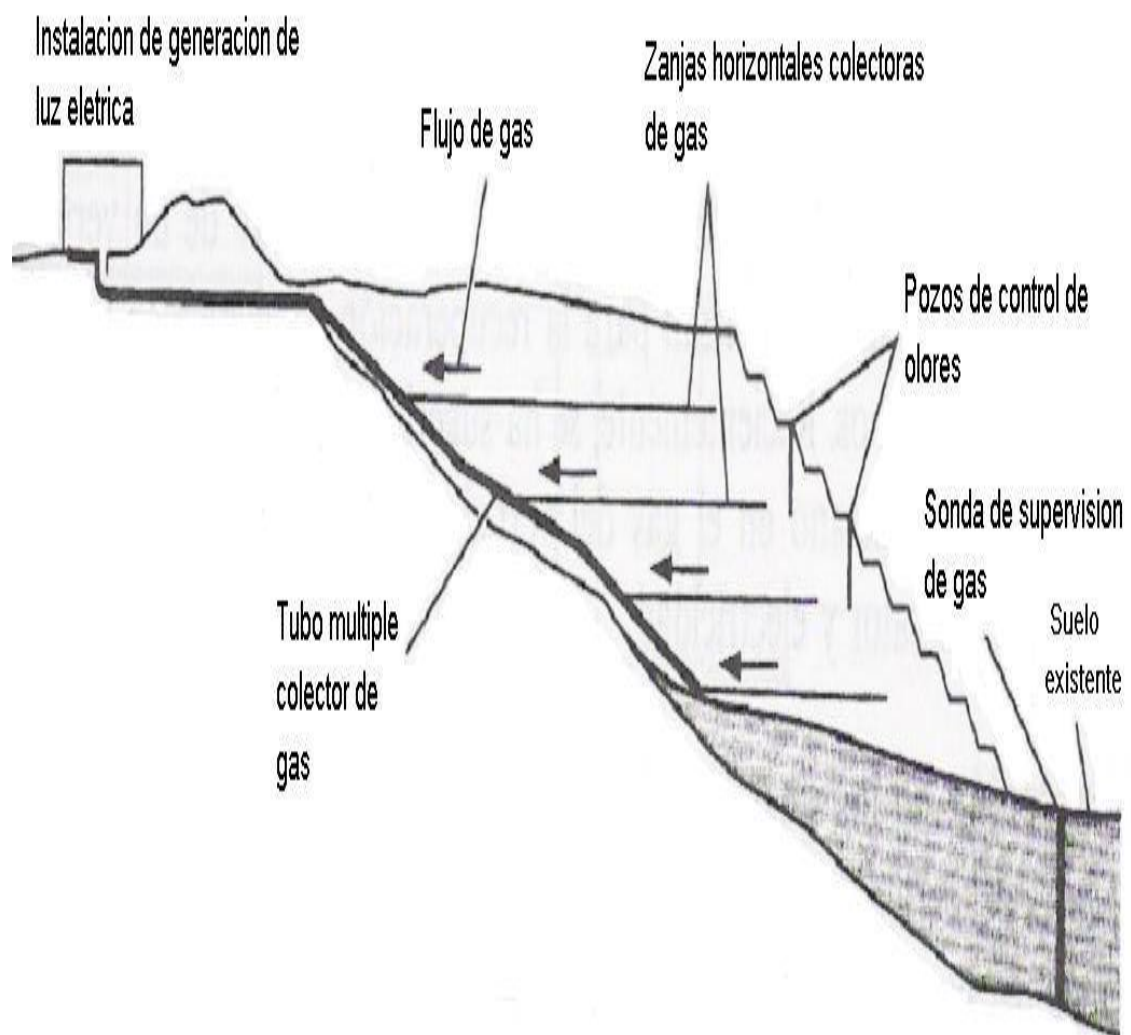
ANEXO E INSTALACIONES PASIVAS UTILIZADAS PARA CONTROLAR EL GAS DEL VERTEDERO: (a) ZANJA INTERCEPTORA RELLENA CON GRAVA Y CON TUBERIA PERFORADA; (b) ZANJA BARRERA PERIMETRICA , Y (c) USO DE RECUBRIMIENTO IMPERMEABLE EN EL VERTEDERO



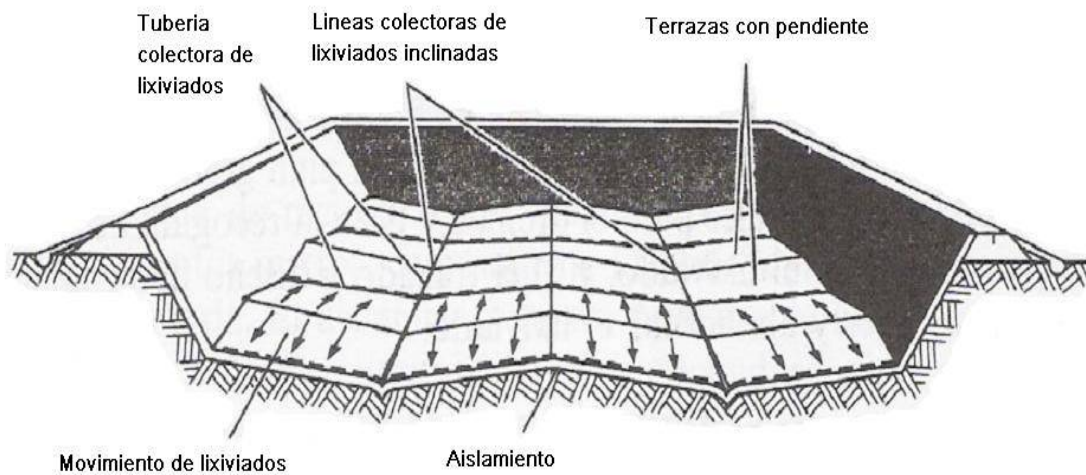
ANEXO F PLANO DE LAS INSTALACIONES PARA LA RECOGIDA DEL GAS EN EL VERTEDERO DE PUENTE HILLS



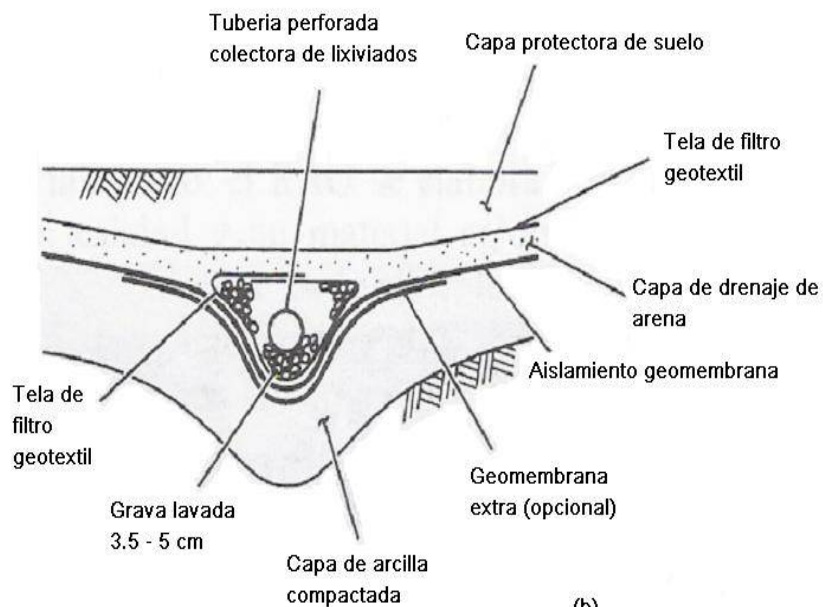
ANEXO G PERFIL DEL VERTEDERO DE PUENTE HILLS MOSTRANDO LAS ZANJAS HORIZONTALES RECOLECTORAS DE GAS



ANEXO H SISTEMAS CON TERRAZAS INCLINADAS PARA LA RECOGIDA DE LIXIVIADOS: (a) VISTA Y (b) DETALLE DEL TUBO PARA LA RECOGIDA DE LIXIVIADOS

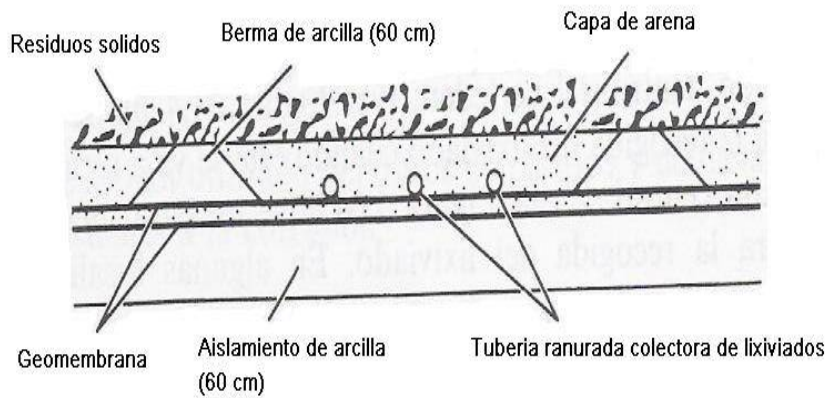
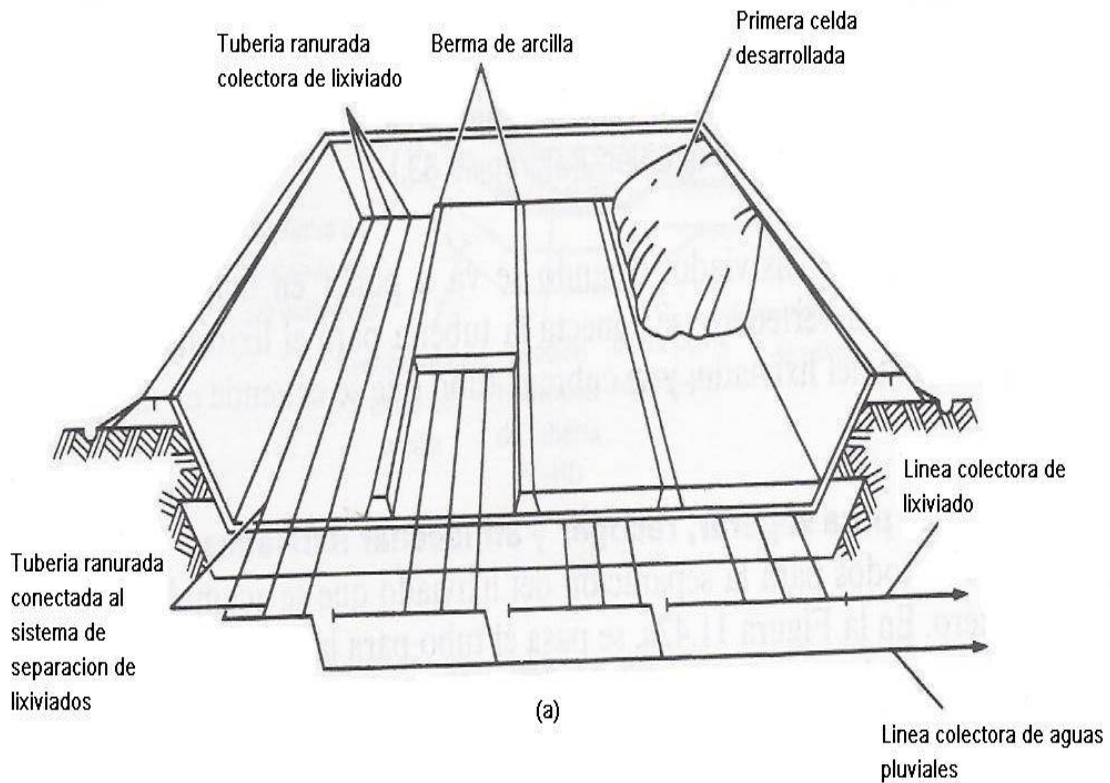


(a)

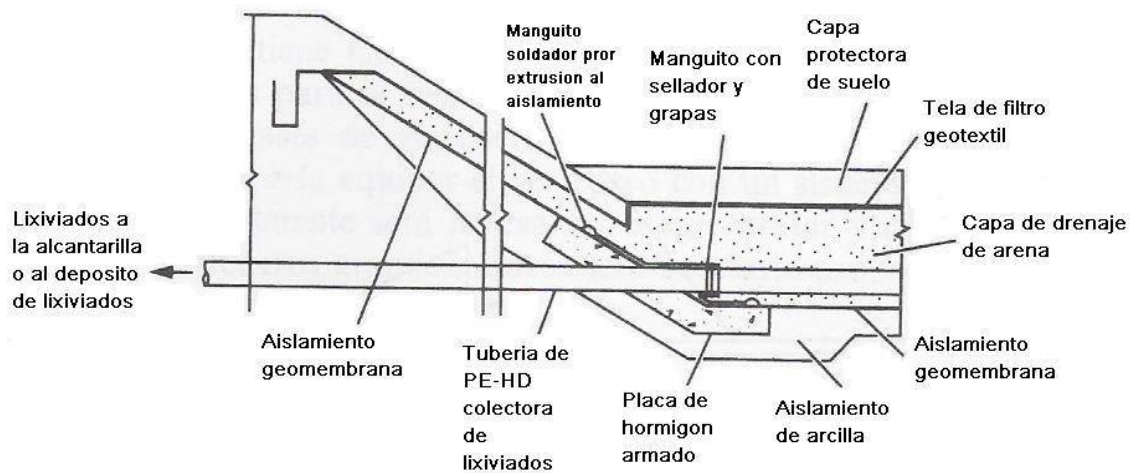


(b)

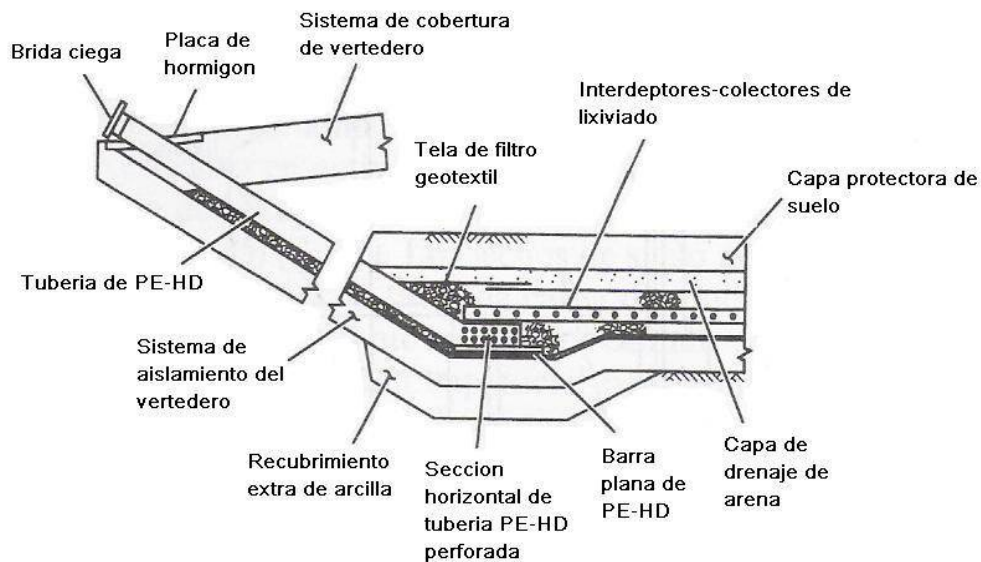
ANEXO I SISTEMA TÍPICO PARA LA RECOGIDA DE LIXIVIADOS UTILIZANDO UNA TUBERÍA MULTIPLE: (a) VISTA PANORÁMICA Y (b) DETALLE DE TUBOS TÍPICOS PARA LA RECOGIDA DEL LIXIVIADO.



ANEXO J SISTEMA UTILIZADO PARA SEPARAR EL LIQUIDO DE LOS VERTEDEROS: (a) TUBO PARA LA RECOGIDA DEL LIXIVIADO LLEVADO A TRAVES DEL LATERAL DEL VERTEDERO Y (b) TUBO INCLINADO PARA LA RECOGIDA DEL LIXIVIADO LOCALIZADO DENTRO DE UN VERTEDERO.

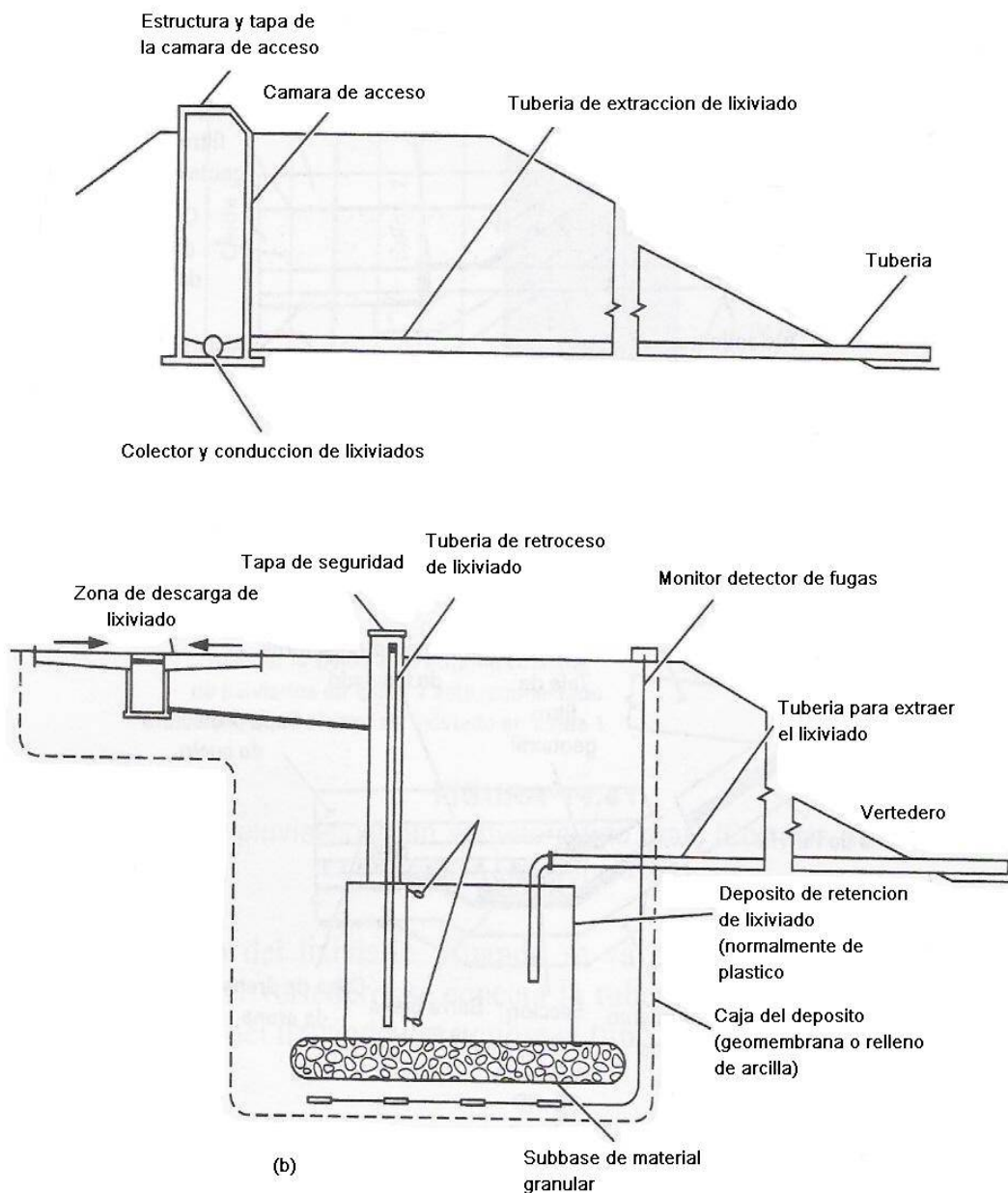


(a)



(b)

ANEXO K EJEMPLOS DE INSTALACIONES PARA LA RECOGIDA DE LIXIVIADOS: (a) BOVEDA PARA LA RECOGIDA Y TRANSMISION DE LIXIVIADOS Y (b) DEPOSITO PARA LA RETENCION DE LIXIVIADOS.



ANEXO L NORMATIVIDAD VIGENTE EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS

NORMA	FECHA DE EXPEDICION	QUE ESTABLECE
NOM-053-ECOL-1993	22-Oct-1993	Las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-ECOL-1993	22-OCT-1993	El procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-054-ECOL-1993	22-OCT-1993	El procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o mas residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-1993.
NOM-055-ECOL-1993	22-OCT-1993	Los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.
NOM-056-ECOL-1993	22-OCT-1993	Los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
NOM-057-ECOL-1993	22-OCT-1993	Los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
NOM-058-ECOL-1993	22-OCT-1993	Los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
NOM-083-ECOL-1996	25-NOV-1996	Las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.
NOM-087-ECOL-1993	7-NOV-1995	Los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención medica.