



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

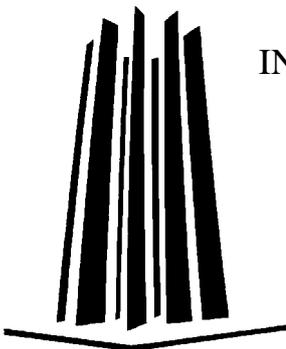
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

**“PROPUESTA ECOLÓGICA PARA LOS
RELLENOS SANITARIOS”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA
RAYMUNDO ARZATE MILIÁN

DIRECTOR DE TESIS
ING. MANUEL MARTÍNEZ ORTÍZ



México, 2009.



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.



Agradecimientos:

Agradezco a mi madre Delfina Roselia.

Agradezco a mi esposa Silvia por la paciencia y la comprensión mostrada para conmigo.

Agradezco a mis hijos por permitirme ser padre.

Agradezco a mis profesores porque me dieron instrucción.

Agradezco a la Universidad y a la Facultad por darme la oportunidad de estudiar.

Agradezco a mi sínodo:

Ing. Everardo Solís Alcantar

M en I Mario Sosa Rodríguez

Ing. Trinidad Adolfo Almazán

Ing. Valente Ortíz

Ing. Manuel Martínez

Por permitirme exponer este trabajo y por el apoyo brindado.

Agradezco a mis compañeros de estudio por el equipo y el esfuerzo que realizamos juntos.

Agradezco a mi Dios Jehová y al Señor Jesús por ser su siervo.

**Dedicada a:
El Señor de Tseva·'óhth el Soberano Universal Jehová יהוה**



“Pero las naciones se airaron, y vino tu propia ira, y el tiempo señalado para que los muertos sean juzgados, y para dar su galardón a tus esclavos los profetas y a los santos y a los que temen tu nombre, a los pequeños y a los grandes, y para causar la ruina de los que están arruinando la tierra”.

Revelación (Apocalipsis) 18:11.

INTRODUCCIÓN:	8
CAPÍTULO 1	9
ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN MÉXICO	9
<i>Objetivo:</i>	9
<i>1.1 Historia de la recolección y tratamiento de los residuos sólidos en la ciudad de México.</i>	9
<i>1.2 Tratamiento y Disposición final</i>	10
<i>1.3 Flujo de Residuos</i>	12
<i>a. Delineamiento del Flujo de Residuos</i>	12
<i>b. Terminología para el Flujo de Residuos</i>	13
<i>1.4 Composición de los Residuos y Tasa de Generación</i>	14
<i>a. Composición de los Residuos</i>	14
<i>b. Tasa de Generación</i>	17
<i>1.5 Análisis del flujo de residuos</i>	18
<i>1.6 Sistema Técnico</i>	20
<i>1.6.1 Sistema de Descarga y Almacenamiento</i>	20
<i>a. Almacenamiento en las Casas Habitación</i>	20
<i>b. Almacenamiento en Otras Fuentes</i>	20
<i>1.6.2 Sistema de Recolección y Transporte</i>	21
<i>1.6.2.1 Sistema de Recolección y Transporte</i>	22
<i>a. Método de Recolección</i>	22
<i>b. Vehículos de Recolección</i>	22
<i>c. Número de Viajes Diarios</i>	23
<i>1.6.2.2 Sistema de Transportación</i>	25
<i>a) Estación de Transferencia</i>	25
CAPÍTULO 2	29
NORMATIVIDAD	29
<i>Objetivo</i>	29
<i>2.1 Políticas Ambientales</i>	29
<i>2.1.1 Aspectos Generales</i>	29
<i>2.2 Legislación</i>	30
<i>2.2a Constitución</i>	30
<i>2.2.1 Artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que Legislan Sobre el Ambiente</i>	30
<i>2.2.2 Organizaciones Involucradas</i>	40
<i>2.2.2a.SEMARNAP</i>	40
<i>2.2.2a.1 INE</i>	42
<i>2.2.2a.2 PROFEPA</i>	42
<i>2.2.2b. Organizaciones Ambientales en los Estados y Municipios</i>	42
<i>2.2.2b.1 Organizaciones Ambientales en los Estados.</i>	43
<i>2.2.2b.2 Organizaciones Ambientales en los Municipios.</i>	43
<i>2.2.2b.3 Administración Ambiental en el GDF</i>	43
<i>2.2.2b.4 Organizaciones Regionales.</i>	44
<i>2.2.2c. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente</i>	44
<i>2.2.2d. Normas Oficiales Mexicanas (NOMs)</i>	45
<i>2.2.2d.1 NOMs para el Agua.</i>	45
<i>2.2.2d.2 NOMs para el Aire</i>	46
<i>2.2.2d.3 NOMs de Residuos</i>	46
<i>2.2.2e. Regulaciones</i>	46
<i>2.2.2e.1 Regulaciones de la EIA a Nivel Federal</i>	47
<i>2.2.2e.1.1 Procedimiento y Alcance.</i>	47
<i>2.2.2e.1.2 Logros.</i>	48
<i>2.2.2e.1.3 Participación Pública.</i>	49

2.2.2e.2	Regulaciones de la EIA a Nivel Nacional.....	49
----------	--	----

CAPÍTULO 3 51

MÉTODO CONSTRUCTIVO DE LOS RELLENOS SANITARIOS 51

Objetivo: 51

Introducción: 51

3.1. Tipo de Terreno 52

3.1.1 Método de Trinchera..... 52

3.1.2 Método de Área..... 54

3.1.3 Método Combinado..... 55

3.2. Selección del Sitio Para el Relleno Sanitario..... 55

3.2.1 Aspectos Técnicos Para la Selección del Sitio..... 56

3.2.1.1 Vida Útil del Sitio..... 56

3.2.1.2 Tierra Para Cobertura..... 56

3.2.1.3 Topografía del Sitio..... 56

3.2.1.4 Vías de Acceso..... 56

3.2.1.5 Vientos Dominantes..... 57

3.2.1.6 Ubicación del Sitio..... 57

3.2.1.7 Geología..... 57

3.2.1.8 Geohidrología..... 57

3.2.1.9 Hidrología Superficial..... 57

3.2.2 Tenencia de la Tierra..... 57

3.2.3 Factores de Evaluación para la Selección del Sitio..... 58

3.2.3.1 Descripción de las Tablas..... 58

3.3 Geohidrología..... 60

3.3.1 Antecedentes..... 60

3.3.2 Objetivo Principal..... 60

3.3.2.1 Pozos a cielo Abierto y Sondeos..... 61

3.3.2.2 Datos Existentes..... 62

3.3.3 Ciclo Hidrológico..... 62

3.3.3.1 Precipitación Pluvial..... 62

3.3.3.2 Evapotranspiración..... 62

3.3.3.2.1 Evaporación..... 62

3.3.3.2.2 Transpiración..... 62

3.4 Mecánica de Suelos..... 63

3.4.1 Muestreo..... 63

3.4.1.1 Muestras Alteradas..... 63

3.4.1.1.2 Muestras Inalteradas..... 63

3.4.1.2 Análisis de Laboratorio..... 63

3.4.2 Parámetros..... 64

3.4.2.1 Porosidad..... 64

3.4.2.2 Coeficiente de Permeabilidad..... 64

3.4.3 Prueba de Permeabilidad..... 65

3.4.3.1 En el Campo..... 65

3.4.3.1.2 En el Laboratorio..... 65

3.4.4 Descripción de pruebas en el Campo..... 65

3.4.4.1 Pozos de Absorción..... 65

3.4.4.2 Pozos de Filtración..... 66

3.4.4.3 Pozos de Material Homogéneo..... 66

3.4.5 Descripción de Pruebas de Laboratorio..... 66

3.4.5.1 Permeámetro de Carga Constante..... 66

3.4.5.2 Permeámetro de Carga Variable..... 66

3.4.6 Granulometría..... 66

3.5. Especificaciones Técnicas Para la Realización de Estudios Topográficos Para las Distintas

Condiciones de Terreno..... 67

3.5.1 Generalidades..... 67

3.5.2	Topografía.....	67
3.5.2.1	Localización.....	67
3.5.2.1.1	Planimetría.....	67
3.5.2.1.2	Altimetría.....	67
3.5.2.1.3	Secciones.....	68
3.5.2.1.4	Curvas de Nivel.....	68
3.6	Cálculo de la Vida Útil.....	69
3.7	Diseño de la Celda Diaria.....	82
3.7.1	Elementos de una celda.....	82
3.8	Diseño de Franjas.....	82
3.9	Diseño de Capas.....	83
3.10	Material Para Cubierta.....	83
3.11	Movimientos de Tierras.....	86
3.11.1	Desmante y Despalme.....	86
3.11.2	Terracerías.....	86
3.11.3	Préstamos.....	88
3.11.4	Curva Masa.....	89
3.11.4.1	Propiedades del diagrama de masas.....	89
3.11.5	Compactación.....	94
3.11.6	La curva de compactación.....	94
3.11.7	Compactadores por amasada.....	94
3.11.8	Compactación por vibración.....	95
3.11.9	La sobrecompactación.....	95
3.11.10	Control de la compactación.....	95
3.12	Impermeabilización y Control de Líquidos Percolados.....	95
3.12.1	Método Natural.....	96
3.12.2	Método Artificial.....	96
3.13	Pozos de Monitoreo.....	96
3.14	Sistema de Captación de Biogás.....	99
3.15	Sistema de Captación de Aguas de Escurrimiento.....	100
3.15.1	Drenaje Superficial.....	101
3.15.2	Fórmulas de Escurrimiento.....	102
3.15.3	Cálculo de la Sección Hidráulica.....	103
3.16	Obras Complementarias.....	104
3.17	Equipo Mecánico.....	105
3.17.1	Equipos Adaptados a la Operación del relleno Sanitario.....	105
3.17.1.1	Cargador en Carriles o Traxcavo.....	105
3.17.1.2	Tractor de Carriles o Bulldozer.....	105
3.18	Gerenciamiento.....	106
3.18.1	Inversión.....	106
3.18.2	Costos de Operación.....	107
3.18.3	Sistemas Tarifarios.....	108
3.18.4	Sistema de Administración y Control y Vigilancia del Relleno Sanitario.....	108
CAPÍTULO 4	118
PROPUESTA ECOLÓGICA PARA LOS RELLENOS SANITARIOS.....		118
Objetivo:.....		118
4.1 Política Oficial del Gobierno Mexicano en Relación al Manejo de Residuos.....		118
4.1.1. Contexto Actual y Perspectivas.....		119
4.1.2. Marco Legal.....		123
4.1.3. Principios Rectores de la Política.....		124
4.1.4. Objetivos.....		125
4.1.5. Estrategias y Líneas de Acción.....		126
4.2 Propuesta Ecológica.....		127
CAPÍTULO 5		133

CONCLUSIONES	133
<i>Objetivo:</i>	<i>133</i>
<i>Bibliografía:</i>	<i>135</i>

INTRODUCCIÓN:

Se trata, sin duda, de una paradoja curiosa. En esta generación, el hombre ha ido a la Luna y ha regresado. Ha lanzado al espacio, a miles de millones de kilómetros de la Tierra, sofisticados satélites equipados con cámaras fotográficas de alta resolución con las que se han podido obtener primeros planos de planetas distantes. Y sin embargo, las personas que poseen este gran caudal de aptitudes e inteligencia no pueden sacar la basura de su propia casa y desecharla de manera conveniente para así librar a su generación del temor a quedar enterrados vivos en ella. El tratamiento y disposición final de los residuos sólidos es un problema que nos afecta a todos por lo que es necesaria la participación de todos para poder solucionarlo.

¿Qué haría usted con algo que ya no desea? “Tirarlo.” Esa parece ser la respuesta lógica y simple. Pero deshacerse de la basura no siempre es tan simple. ¿Dónde la tiraríamos?

Se ha escrito que solo hay cuatro formas de ocuparse de la basura: “Enterrarla, quemarla, reciclarla o... comenzar a no producir tanta”.

La quinta opción también puede ser una combinación de uno o más de los métodos anteriores. Por ello trataremos el asunto de la disposición final mediante una **propuesta ecológica para los rellenos sanitarios**.

[Escribir texto]

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS RELLENOS SANITARIOS EN MÉXICO.

Objetivo:

Conocer la problemática histórica de la generación, disposición y manejo de los residuos sólidos en la Ciudad de México, así como conocer la manera como se está trabajando actualmente para recolectar los desechos sólidos no peligrosos en la Ciudad de México. De esta manera estaremos mejor informados para proponer soluciones y/o alternativas en las conclusiones del presente trabajo.

1.1 Historia de la recolección y tratamiento de los residuos sólidos en la ciudad de México.

A fines del siglo XIX se confirió el servicio de limpia a los inspectores de policías; para tal encargo se les otorgaron mulas y carros de limpia y se establecieron ordenamientos sobre los sitios donde se ubicarían los basureros.

Las bases de apoyo del gobierno del país fueron las organizaciones de trabajadores; así pues, en 1930 y en 1934 se formó el Sindicato Único de Trabajadores del Distrito Federal, con 1600 afiliados.

En 1941 se promulgó el Primer Reglamento para el Servicio de Limpia en el Distrito Federal con el que se trabajó hasta 1988. En 1941, el personal de limpia estaba constituido por 2137 empleados y se trasladaban a los tiraderos entre 600 y 800 toneladas de basura diaria.

En este mismo año por acuerdo presidencial se otorgó a una empresa privada la concesión e industrialización de la basura, destinándose los beneficios al mejoramiento de esta industria.

En 1946 la Oficina de Limpia se responsabilizó del barrido y la recolección de basura en las calles.

En 1972 por acuerdo del entonces Jefe del Departamento del Distrito Federal, se realiza la descentralización de los servicios de limpia y recolección por lo que las delegaciones se responsabilizan del barrido manual y mecánico, así como de la recolección de basura domiciliaria. La Oficina de Limpia y Transporte se convierte en la Oficina de Sistemas de Recolección y Tratamiento de Basura. Antes de 1972 la limpieza y recolección en las 16 delegaciones políticas eran coordinadas por una oficina de Limpia y Recolección y a partir de esa fecha fueron divididas en rutas y sectores delegacionales.

En 1973 se inicia la construcción de **Estaciones de Transferencia** en el Distrito Federal, siendo la primera la de la delegación Miguel Hidalgo.

En 1976 la Oficina de Recolección y tratamiento de Basura pasa a formar parte de la nueva **Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU)**, convirtiéndose en un organismo de apoyo a las oficinas de limpia y transporte de las delegaciones. En 1977 se descentralizan las funciones de la DGSU, por lo que esta desaparece.

En 1984 vuelve a conformarse la DGSU, entonces se da impulso y se fortalece el sistema de transferencia, mediante la adquisición de equipamiento y la construcción de nuevas instalaciones. Se inicia también el programa de recolección nocturna de tiraderos

[Escribir texto]

clandestinos, y también los programas de limpieza en vialidades principales, así como la recolección especializada en unidades médicas, clínicas y parques recreativos.

A pesar de que los residuos a recolectarse se han quintuplicado desde 1950, cuando aproximadamente 3.96 millones de habitantes producían alrededor de 2000 ton/día, los cambios que se han hecho en recolección han sido mínimos

Desde entonces, algunas delegaciones han realizado diversos intentos para modificar las rutas de recolección; encaminados a que se efectúen paradas fijas con horarios de recolección. Estos esfuerzos no han fructificado ya que los choferes deciden sus propias rutas de recolección y la distribución de las ganancias por propinas y/o ventas de materiales, y no desean coadyuvar en esta mecánica.

1.2 Tratamiento y Disposición final

La historia moderna del sistema de tratamiento y disposición final en el DF se encuentra resumida a partir de la década de los 80 en tres periodos.

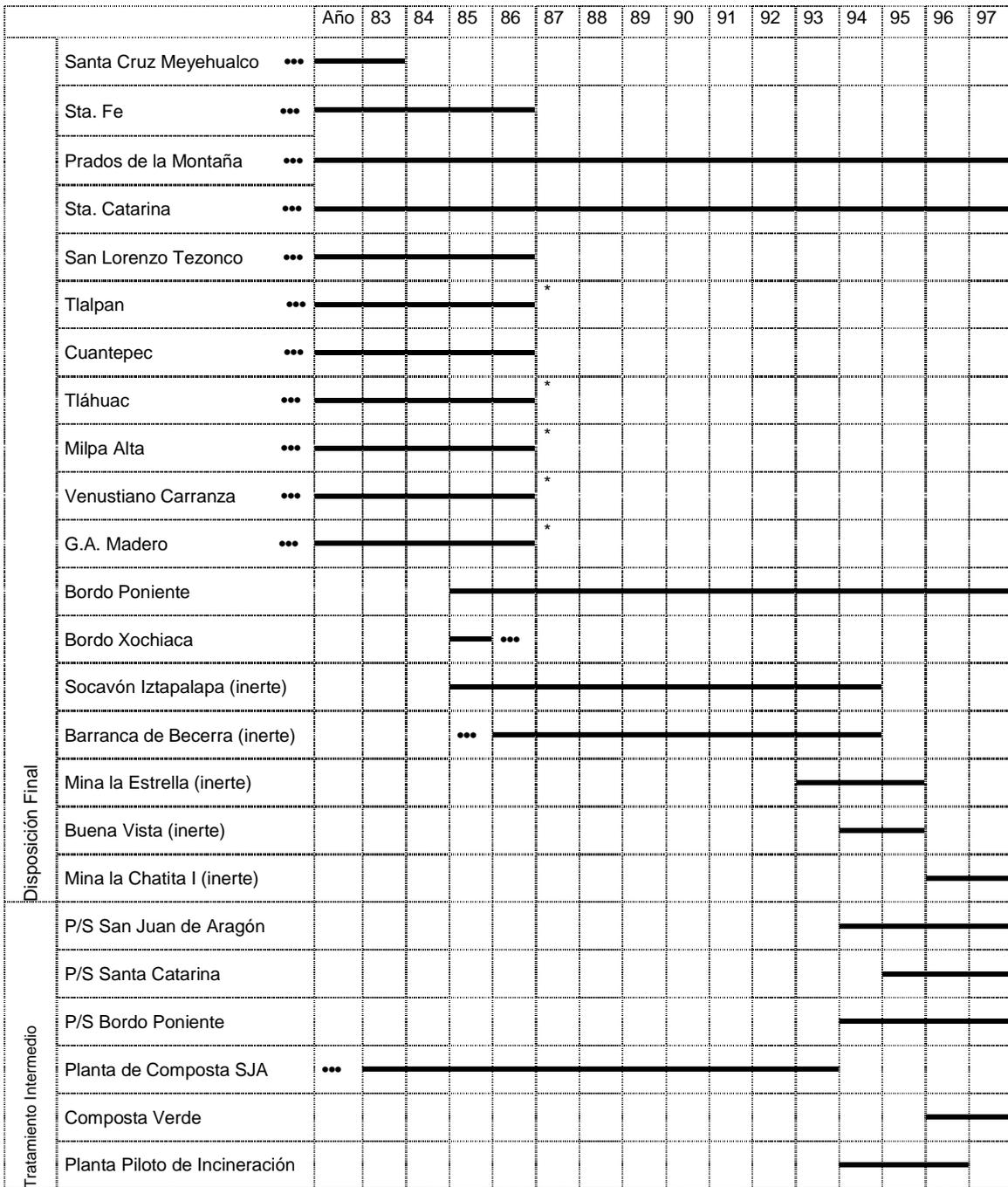
El primer periodo fue de 1985, cuando no existía un control nacional en el **Manejo de Residuos Sólidos (MRS)**, los desperdicios se arrojaban a cielo abierto y la gente llevaba a cabo simultáneamente la pepena. El excesivo impacto ambiental de tales tiraderos obligó a las autoridades a tomar acciones decididas, entre las cuales se puede mencionar el cierre del sitio de Santa Cruz Meyehualco.

Hubo un cambio en 1985, cuando la DGSU llevó cabo una evaluación de cada tiradero que existía. Como resultado, se encontró que la mayor parte de los tiraderos eran inaceptables para el equilibrio ambiental y la salud humana, por lo que finalmente fueron cerrados. Posteriormente, se llevaron a cabo obras de limpieza y forestación a la mayor parte de los sitios cerrados en 1988. Por otra parte se abrió un nuevo sitio de disposición final en Bordo Poniente, donde además se introdujo la operación de un relleno sanitario. En consecuencia, los años que siguen hasta el inicio de la década de los 90 pueden considerarse como un periodo durante el cual empezó a tomar forma de manera adecuada el MRS.

El tercer periodo corresponde de los años más recientes hasta la fecha. Se caracteriza por las actividades que realiza la DGSU para modernizar y mejorar su sistema del MRS y hacerlo más favorable para el ambiente. Para estos propósitos, la DGSU trata de introducir metodologías técnicas tales como el **Tratamiento Intermedio y la Recuperación de Recursos de Manera Sistemática**. De hecho, la necesidad de estos esfuerzos puede darse por sentada, ya que la cantidad de residuos generados es enorme y la ciudad de México tiene un nivel de urbanización tan alto que existe una demanda muy fuerte de MRS eficiente y avanzado.

[Escribir texto]

FIGURA 1- 1: TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN EN LOS ÚLTIMOS AÑOS



*Obras de Limpieza y Forestación

[Escribir texto]

1.3 Flujo de Residuos

a. Delineamiento del Flujo de Residuos

Existen varias características del flujo de los residuos sólidos en el DF:

1. Las delegaciones recolectan los residuos en la fuente y los transportan a las estaciones de transferencia, las Plantas de Selección (P/S) o directamente a los sitios de disposición final, mientras que la DGSU transporta los residuos de las estaciones de transferencia a las P/S o sitios de disposición final, y el desecho de las P/S a los sitios de disposición final.
2. Los residuos que son recolectados por la iniciativa privada siguen las mismas rutas que las recolectadas por las delegaciones.
3. En las P/S que maneja la DGSU, se recuperan los materiales reciclables comercializables en la ciudad y sus alrededores y los que no se transportan posteriormente a los sitios de disposición final.
4. Los residuos generados por los hospitales del DF son recolectados por la iniciativa privada. Los residuos domésticos se llevan directamente a los sitios de disposición final, mientras que los residuos biológico-infecciosos son desinfectados primero y luego transportados a los sitios de disposición final a celdas especializadas, y los residuos altamente infecciosos son incinerados.
5. La DGSU recolecta los residuos de tiraderos clandestinos en el DF y los lleva a los sitios de disposición final. Por lo general se encuentran tiraderos clandestinos en los siguientes sitios:
 - Cruceros de calles y avenidas
 - Lotes baldíos
 - Barrancas; y
 - Valles.

Debe observarse que debido a que no existen muchos ríos o canales de drenaje abiertos.

6. La auto-disposición de los residuos en los hogares, fundamentalmente en las zonas semi-rurales, se realiza mediante la quema, entierro y una mínima parte se destina a la composta
7. Se practica la pre-pepena durante el proceso de recolección y tratamiento intermedio. Los materiales que más se recuperan incluyen chácharas, chatarra y las latas de aluminio, cartón, papel y plásticos. La recuperación de estos materiales la realizan las siguientes personas:
 - La recolección de residuos por parte del personal recolector.
 - Los barrenderos en sus tambos móviles.
 - Los ex pepenadores

[Escribir texto]

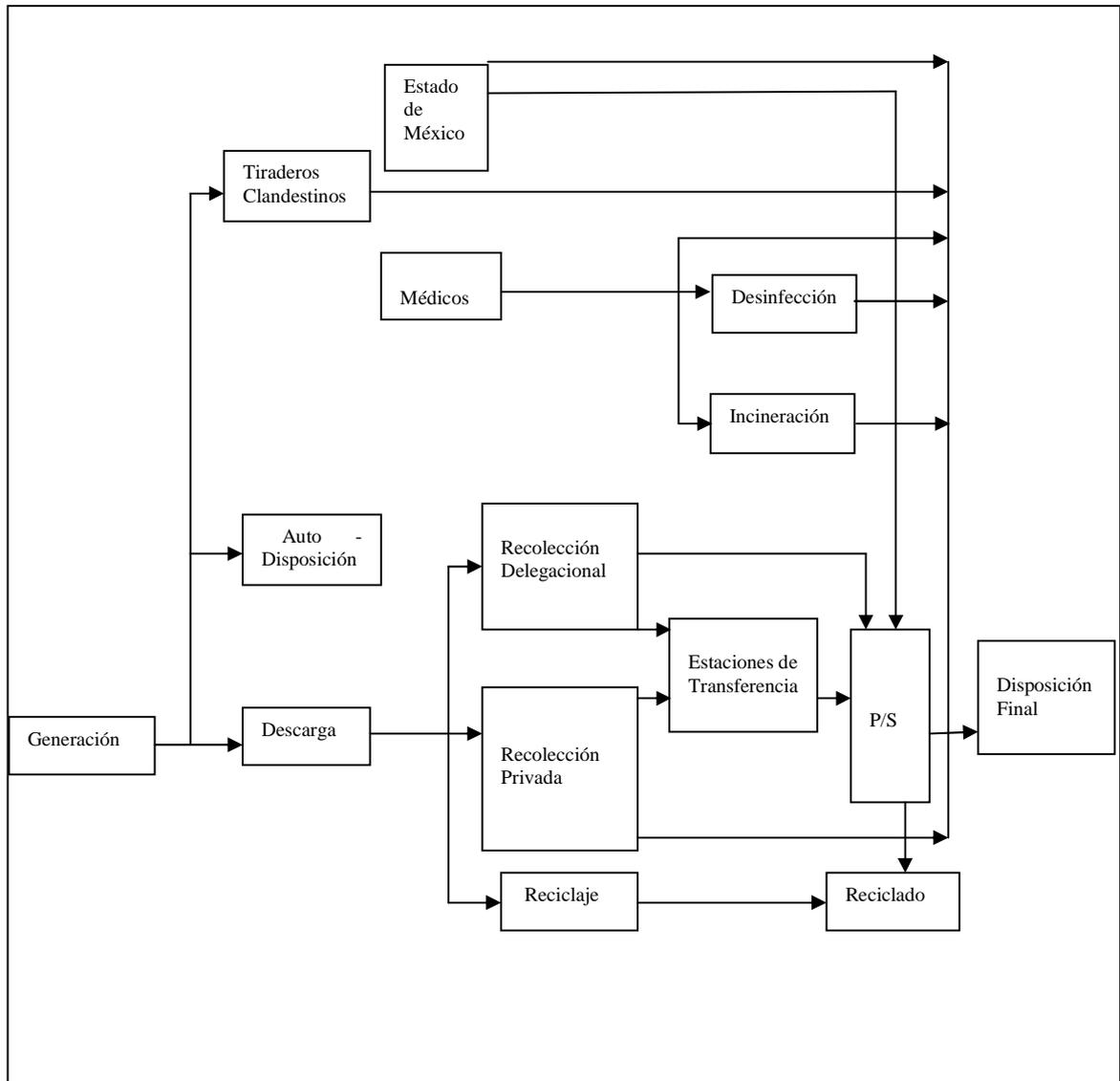


Figura 1- 2: Flujo Actual de Residuos

b. Terminología para el Flujo de Residuos

“Generación”:

La “generación” de residuos es la cantidad producida de residuos.

Residuos en “tiraderos clandestinos”.

Los “tiraderos clandestinos” son los residuos que se depositan en lugares donde no deberían ser abandonados.

“Auto-disposición”.

Son los residuos que se generan en los hogares y allí mismo eliminan a través de ciertos procedimientos como la quema, entierro o elaboración de composta en zonas rurales.

Recolección por parte de las delegaciones.

[Escribir texto]

Es la recolección de residuos de domicilios, servicios y comercios recolectados por las delegaciones del DF.

Recolección por parte de la iniciativa privada.

Es la cantidad de residuos recolectado por empresas privadas.

Reciclaje.

Residuos que son pre-pepenados durante el proceso de recolección o recuperados en las P/S.

Estaciones de transferencia.

Es una instalación en la que se transfieren los residuos recolectados en camiones para este fin, tanto de la delegación como de empresas a un vehículo para transporte de residuos con capacidad de 70 m³.

Actualmente existen 13 estaciones de transferencia en el DF. Su forma de operación varía: seis de ellas están a cargo únicamente de la DGSU, una por la delegación y seis son responsabilidad tanto de las delegaciones como de la DGSU.

“P/S”

Una “P/S” es una instalación en la que recuperan materiales aprovechables de los residuos recolectados.

Disposición Final.

El sitio de “disposición final” es un sitio donde se depositan los residuos recolectados y los desechos que provienen de las P/S.

Una parte importante de los residuos generados en 11 municipios del Estado de México son transportados a los sitios de disposición final que opera la DGSU. Los residuos provienen principalmente de los siguientes municipios:

- Atenco
- Chalco
- Chiconautla
- Chiconcuac
- Cuautitlán Izcalli
- Ecatepec
- Ixtapaluca
- Nezahualcóyotl
- La Paz
- Texcoco
- Valle de Chalco

1.4 Composición de los Residuos y Tasa de Generación

a. Composición de los Residuos

La DGSU ha estado investigando la composición de los residuos generados en cinco sectores y sub-sectores del DF. Los residuos se clasifican en 35 tipos y los datos obtenidos se utilizan para el control del MRS.

[Escribir texto]

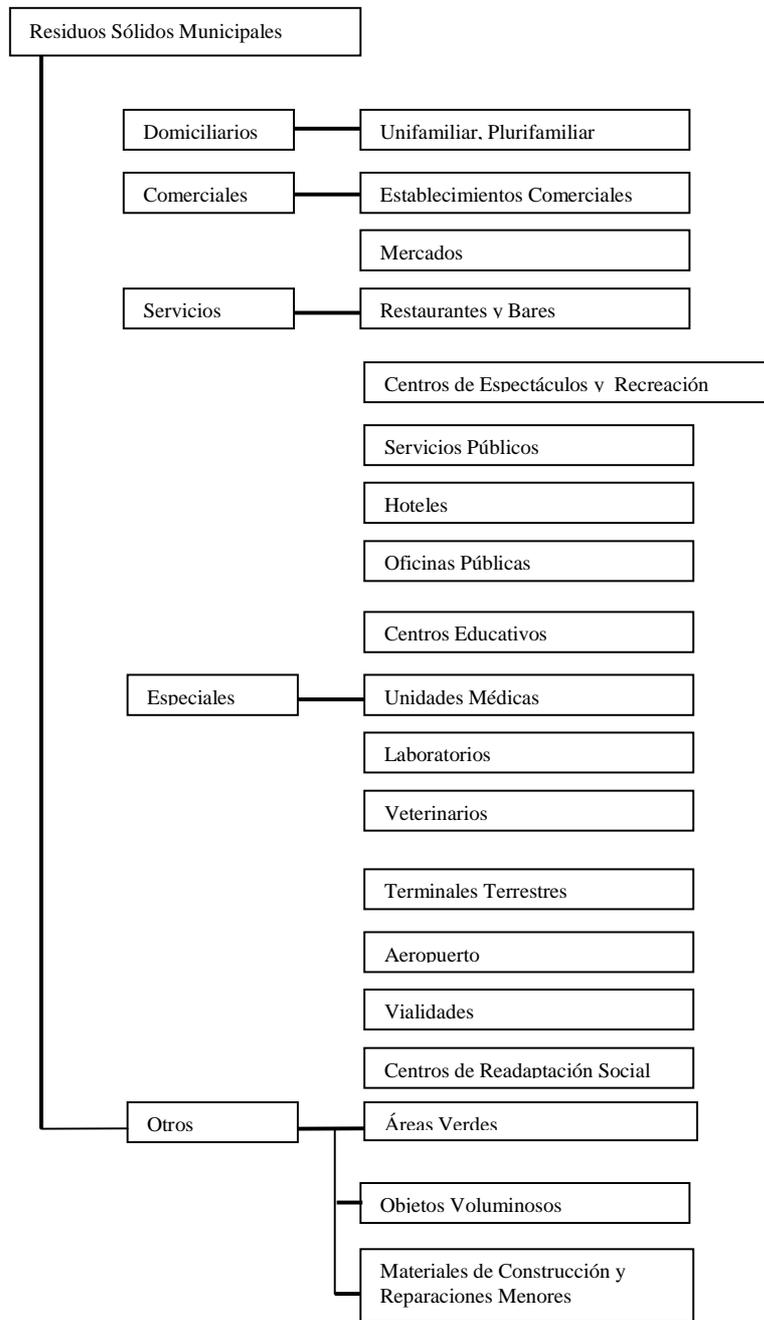


Figura 1-3 Sectores y Sub- Sectores de las Fuentes de Residuos

[Escribir texto]

CUADRO 1-1 Composición de Residuos (en porcentaje)

Composición de los Residuos																					
Sub-productos	Domiciliario		Comercios		Restaurantes y bares	Centros de Espectáculos y Recreación	Servicios públicos	Hoteles	Oficinas públicas	Centros educativos	Unidades médicas	Laboratorios	Veterinarios	Terminales terrestres	Terminales aéreas	Vialidades	Centros de readaptación social	Áreas verdes	Objetos voluminosos	Mat. De const. y rep. Menores	Total
	Unifamiliar y plurifamiliar	Establecimientos comerciales	Mercados																		
1 Abatelenguas											1.97										0.03
2 Algodón	2.15	0.07	0.83			0.38	0.03	2.99	0.17	1.97	10.38	5.57									1.30
3 Cartón	5.36	11.51	5.29	5.97	11.04	23.18	3.77	11.2	8.98	8.3	8.01	2.56	4.34	5.31	3.66	5.06	4				6.68
4 Cuero	0.11			0.02		3.69			0.04												0.11
5 Envase de cartón	1.96	1.97	2.22	1.43	5.18	1.98	0.76		6.05	1.07		0.69	0.55		6.53	0.52	3.12				1.91
6 Fibra dura vegetal	0.06	1.79	2.63			1.13	0.08	0.01	0.78	0.2											0.69
7 Fibra sintética	1.43	0.29	0.89	0.04			0.01	0.24		0.27	3.1				0.1						0.85
8 Grasa										3.77	5.74	5.94									0.05
9 Hueso	0.08	0.44	1.11			0.21			0.67	0.07		0.38									0.27
10 Hule	0.2	1.07	0.16			0.36	0.18	0.83	1.33	2.07											0.37
11 jeringa desechable										2.8	1.31	1.38									0.04
12 Latas	1.58	0.31	1.47	0.25		3.1	0.52	0.28	4.89	1.73		2.31	4.53	3.17	4.77						1.24
13 Loza y cerámica	0.37	0.12	0.09	0.45	1.23		0.18	0.08	2.01												2.09
14 Madera	0.1	1.2	1.17	0.67	0.29	6.72		0.01	3.92	0.43		4.82	0.29				5.12	20	1.53		1.24
15 Material de construcción	0.63			0.52			2.89						1.24								95.27
16 Material ferroso	1.39	2.59	0.07	0.92	0.09	0.71	1.79	0.15	0.4	1.9		0.69			0.41		2.86	50			2.56
17 mat. no ferroso	0.06	0.51			5.65	1.3		6.54		0.07	1.18	1.31					2.29				0.49
18 Papel bond	1.19	5.31	1.87	1.54		18.75	9.21	37.61	14.33	6.57	17.23	9.88	9.1	6.41	5.41	3.11	6.82		0.97		4.41
19 Papel periódico	4.61	5.95	4.54	0.95	3.57	15.5	5.24	11.91	6.99	4.37	11.97	20.64	6.07	15.34	9.71	7.73	2.22				4.96
20 Papel sanitario	8.78	1.94	4.27	3.4	3.17	4.2	8.16	1.99	10.72	11	9.62	7.38	15.2	8.92	9.52	4.65					5.89
21 Pañal desechable	3.37	0.14		0.08	9.59	0.32	0.89		0.3	1.43			1.94								1.62
22 Placa radiológica					0.09					0.3											0.01
23 Plástico de película	6.24	5.38	1.5	3.08		2.14	3.58	0.16	1.95	3.27		0.44	5.34	3.91	5.38	2	9.29		0.14		4.53
24 Plástico rígido	4.33	3.94	2.96	1.26	7.13	1.39	1.69	0.88	2.69	0.97	8.64	1.63	3.08	5.46	6.62	1.26	4				3.49
25 Poliuretano	0.16	0.11	0.08	0.03	15.34	2.7			0.67	0.76	2.17	2.56									0.16
26 Poliuretano expand.	0.78	0.12	0.46	0.35		1.85	0.16	0.11	0.46	1.7	2.27	1.06	1.1	1.18	1.22		1.23				0.58
27 Residuos alimenticios	34.66	38.73	63.08	74.43	0.72	5.71	43.23	21.22	16.02	26.96	1.74	3.31	30.44	16.32	7.67	42.49	25.36				37.70
28 Residuo de madera	5.12	0.15	0.05	0.08	16.17	0.59	3.66	0.3	6.32	1.3	1.89	0.56		1.53	11.46	7.46					3.18
29 Toalla sanitaria		0.17			0.42			0.04	0.63		1.61		0.01			2					0.04
30 Trapo	0.64	0.2	0.3	0.12			1.72	0.31	1.02	0.5	1.84			4.88		3		30			1.22
31 Vendas					1.14					0.36					0.02						0.01
32 Vidrio de color	4	1.77	0.3	1.53		2.81	3.09	0.26	2.44	6.7	4.86	2	3.45	8.07	8.64	0.42					2.62
33 Vidrio transparente	6.77	5.18	0.44	2.82	4.67	1.28	8.52	0.76	4.66	5.63	3.05	0.94	7.79	7.14	8.37	0.95	0.85				4.61
34 Residuo fino	1.21	0.07	3.97	0.03	11.76		0.26	0.01	0.73	0.43	0.03			3.61	4.02		26.3				1.71
35 Otros	2.66	8.97	0.25	0.03	2.75		0.38	2.11	0.83	1.13	3.36	23.95	5.53	8.75	6.49	19.35	6.54				3.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.00

[Escribir texto]

b. Tasa de Generación.

En el cuadro 1-2 se muestra la tasa de generación en cada fuente.
Este estudio se basa en datos de la DGSU

[Escribir texto]

Cuadro 1-2 Generación Unitaria

Tipos de fuente Generadoras	Subclasificación	Generación Unitaria de Residuos Sólidos
Domiciliarios	Unifamiliar, Plurifamiliar	0.616 Kg./Habitante /Día
Comerciales	Establecimientos comerciales	
	- Tiendas de Autoservicio	637.000 Kg./Establecimiento/Día
	- Tiendas Departamentales	368.000 Kg./Establecimiento/Día
	- Locales Comerciales	6.650 Kg./Local/Día
	Mercados	
	- Carnes	4.430
	- Frutas y Legumbres	7.920
	- Abarrotes	1.025
	- Preparación de Alimentos	14.960
	- Varios	0.803
- Mercado Sobre Ruedas – Tianguis	575.800	
Servicios	Restaurantes y Bares	25.442 Kg./Establecimiento/Día
	Centros de Espectáculos y Recreación	
	- Centros de Espectáculos	1.233
	- Instalaciones Deportivas	2.620
	- Centros Culturales	0.330
	Servicios Públicos	
	- Oficinas de Servicios	3.460 Kg./Establecimiento/Día
	- Servicios de Reparación y Mantenimiento	1.940 Kg./Establecimiento/Día
	- Estaciones de Gasolina	53.120 Kg./Establecimiento/Día
	Hoteles	
	- 5 Estrellas	1016.900 Kg./Establecimiento/Día
	- 4 Estrellas	218.500 Kg./Establecimiento/Día
	- 3 Estrellas	16.810 Kg./Establecimiento/Día
	Centros Educativos	
	- Preescolar	0.040 Kg./Alumno/Día
	- Primaria	0.055 Kg./Alumno/Día
	- Capacitación para el Trabajo	0.060 Kg./Alumno/Día
	- Secundaria	0.065 Kg./Alumno/Día
	- Técnico	0.060 Kg./Alumno/Día
	- Bachillerato	0.060 Kg./Alumno/Día
- Superior	0.070 Kg./Alumno/Día	
- Oficinas Públicas	0.413 Kg./Empleado/Día	
Especiales	Unidades Medicas	
	- 1er. Nivel	1.279 Kg./Consultorio/Día
	- 2do. Nivel	4.830 Kg./Cama/ Día
	- 3er. Nivel	5.390 Kg./Cama/ Día
	- Laboratorios	6.340 Kg./Laboratorio/Día
	- Veterinarias	1.700 Kg./Empleado/Día
	- Terminales Terrestres	2103.000 Kg./Central/Día
	- Terminal Aérea	28887.000 Kg./Aeropuerto/Día
	- Vialidades	125.530Kg./Km./Día
	- Centros de Readaptación Social	0.540Kg/Interno/Día
Otros	- Áreas Verdes	0.00993Kg/m ² /Día
	- Objetos Voluminosos	28.850Kg/Ton/Residuos Sólidos/Día
	- Materiales de Construcción y Reparaciones Menores	20.850Kg. /Ton/Residuos Sólidos/Día

1.5 Análisis del flujo de residuos

Se calculó y resumió la cantidad de residuos de cada componente para determinar el flujo de residuos.

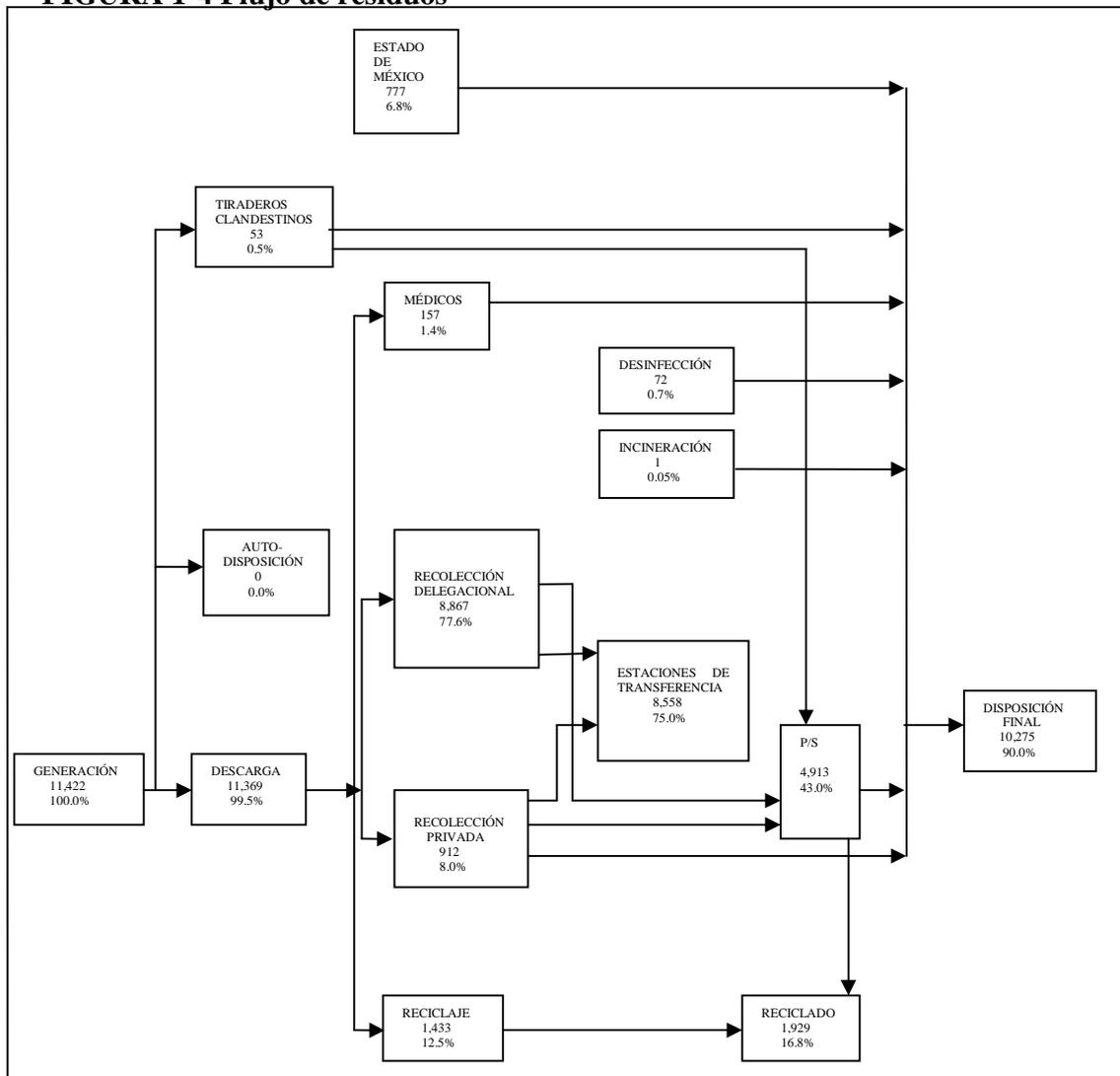
[Escribir texto]

Se reveló que los residuos generados en el DF en 1997 totalizaron 11422 ton/día (actualmente son 12000 ton/día) y que en el Estado de México fueron de 777 ton/día. Se reciclaron 1929 ton. de residuos diariamente y se dispusieron 10270 ton/día.

Respecto a la recolección de los residuos, la DGSU recolectó 8867 ton/día de residuos, mientras que el sector privado recolectó 912 ton/día. Se llevaron 8558 ton/día de residuos del total de esos dos conceptos a las estaciones de transferencia, antes de dirigirse a los sitios de disposición final.

Las P/S recibieron 4913 ton de residuos por día de las cuales 496 ton fueron recuperadas.

FIGURA 1-4 Flujo de residuos



[Escribir texto]

1.6 Sistema Técnico

1.6.1 Sistema de Descarga y Almacenamiento

El almacenamiento apropiado de los residuos tiene como objetivo principal, preservar sanitariamente los residuos desde el momento en que se generan, hasta su recolección. Los factores que afectan el almacenamiento de los residuos en la Ciudad de México, son los siguientes:

- Generación de residuos
- Características de los residuos (humedad, materia orgánica, peso volumétrico, etc.)
- Frecuencia y método de recolección.
- Equipos y métodos utilizados para el resguardo de los residuos

a. Almacenamiento en las Casas Habitación

Existe una clara correlación entre el tipo de almacenamiento domiciliario que se utiliza y el nivel socioeconómico del usuario.

De tal forma que en los barrios y colonias populares, los recipientes para almacenamiento de residuos, difícilmente cumplen con las características sanitarias que demanda este tipo de equipamiento, como son, su fácil maniobrabilidad, capacidad adecuada, hermeticidad, limpieza fácil y ligera; de hecho, es común observar el uso de costales, canastos, carretillas, cajas y todo tipo de recipientes inadecuados para el almacenamiento de la basura.

En cambio en estratos socioeconómicos con mayor poder adquisitivo, se le da mayor atención al recipiente utilizado para almacenar los residuos, por lo que se utilizan recipientes de plástico con tapa, con capacidad adecuada, para almacenar hasta por dos días la basura, fabricados expresamente para esa función, utilizando bolsas plásticas en su interior, para desalojar la basura con mayor comodidad e higiene. Por lo regular estos recipientes presentan las siguientes características:

- Fáciles de limpiar
- Con agarradera y tapa ajustada
- De rápido vaciado
- Ligeros y resistentes
- Difícilmente se oxidan o se deforman
- Con buena imagen

El depósito de los residuos dentro de los recipientes de almacenamiento, invariablemente se hace en forma manual por los propios generadores; o bien por las empleadas domésticas, quienes también son las responsables de entregar los residuos al servicio de recolección o a los barrenderos.

Así mismo, para una mayor facilidad en el momento que se deben entregar los residuos a los recolectores, se utilizan dentro de los recipientes, bolsas de plástico de diferentes tipos, calibres, características y colores. Todas estas operaciones se hacen en forma manual.

b. Almacenamiento en Otras Fuentes

En áreas e instalaciones de gran generación, es muy común el empleo de contenedores metálicos o de otro material, de grandes dimensiones, pudiendo ser móviles o estacionarios. Sus volúmenes varían normalmente de 1m^3 a 3m^3 de capacidad, aunque existen otros de dimensiones mucho mayores, de hasta 6m^3 . Su manejo requiere de

[Escribir texto]

vehículos especializados y en ocasiones, de mucha sofisticación. Los sistemas de carga de estos contenedores, pueden ser mecánicos, hidráulicos o neumáticos, predominando los sistemas hidráulicos.

Por lo que respecta al sistema de carga, este puede ser frontal, lateral o trasero, utilizándose con mayor frecuencia el de carga lateral en la Ciudad de México

Según la experiencia en la Ciudad de México, la utilización de contenedores en lugares de gran generación, como son los mercados, hoteles, comercios, industrias y unidades habitacionales, reduce substancialmente los costos operacionales de recolección, ya que los tiempos de maniobra de carga disminuyen notablemente y el vehículo alcanza a realizar mas viajes en un turno normal de labores.

En algunos sitios de gran generación, sobre todo en multifamiliares y centros comerciales, existen, aunque no con mucha frecuencia, el uso de ductos verticales, compactadores y ocasionalmente molinos de basura; dispositivos que por lo general encarecen el servicio y ofrecen muy pocos beneficios, ya que el proceso de adaptación del usuario al uso de estos equipos, siempre conlleva un rechazo natural y una mayor atención por parte del usuario, que no siempre está dispuesto a conceder; amén de que estos mecanismos demandan mantenimiento que a su vez lleva asociado un costo; el cual por lo regular, no se considera cuando se toma la decisión de adquirirlos.

1.6.2 Sistema de Recolección y Transporte.

La recolección de los residuos municipales generado es responsabilidad de las delegaciones correspondientes, y la mayor parte de éstos son entregados por la DGSU (con excepción de los residuos que son llevados directamente por las delegaciones a los sitios de disposición final o Plantas de Selección (P/S), debido a la cercanía).

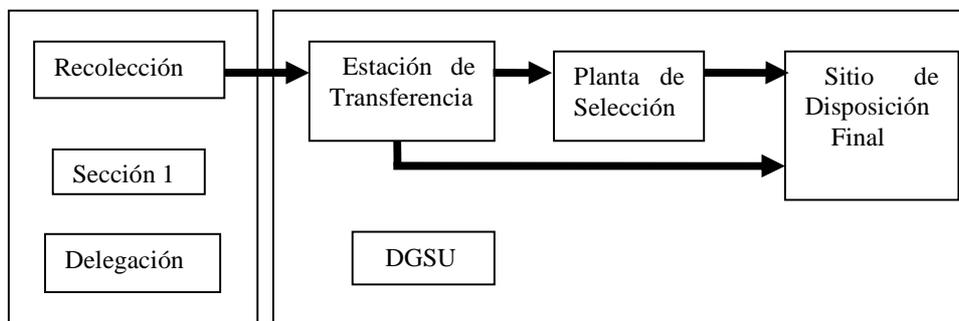
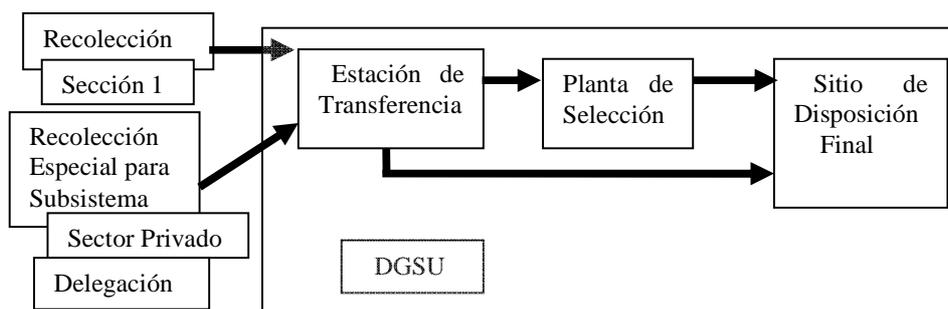


Figura 1-5: Sistema de Recolección y Transporte Actual

Sin embargo, en julio de 1998, el GDF y la Sección 1 firmaron un acuerdo por medio del cual la Sección 1 retiraría su servicio de recolección de los mercados, escuelas primarias, conjuntos habitacionales públicos y parques a partir de enero de 1999. Se decidió en octubre de 1998 que las delegaciones estarán a cargo de emplear a sectores privados por medio de contratos para la recolección de residuos de esas instituciones públicas (conocidas a partir de ahora como “sub-sistemas”)



[Escribir texto]

Figura 1-6 Nuevo Sistema de Recolección y Transporte

Los residuos que se llevan a las estaciones de transferencia pasan, después de ser revisados de manera visual, a alguno de los siguientes puntos:

- Plantas de selección
- Sitios de disposición final

Se utilizan tráileres con capacidad de 70 m³ para transportar los residuos de la estación de transferencia a alguno de los destinos mencionados.

1.6.2.1 Sistema de Recolección y Transporte

a. Método de Recolección

Por lo que se refiere a los métodos de recolección, se puede decir que persiste hasta nuestros días todavía con mucha popularidad, el método de esquina (con campana), aunque también existe el intradomiciliario, el de acera, el de puerta por puerta y el de parada fija.

Los métodos de recolección puerta por puerta y los de parada fija sin contenedores, son una variante o un híbrido de los métodos anteriores; y de hecho, representan una deformación o degradación de los métodos de recolección tradicionales, ya que son llevados a cabo por el personal de barrido, que cumple ciertas funciones de “recolector agregado”, al servicio de la recolección tradicional, los cuales se han hecho muy populares en los últimos años; amén de que permiten y soportan la negociación extraoficial entre el usuario y los operadores, para conciliar el monto de las propinas.

Los barredores comienzan su jornada a partir de las cinco de la mañana aunque su horario oficial es de 7:00 a 15:00. De 5:00 a 7:00 barren las calles, y a partir de esa hora recogen la basura de las casas, separan los residuos más cotizables en el mercado y posteriormente los venden.

Existen barredores de base (basificados o con nombramiento estable) y eventuales (contratados temporalmente) dedicados a esta actividad, pagados por el Gobierno del Distrito Federal. Son aproximadamente 8500 trabajadores.

Además se estima en otros 3000 los barredores voluntarios que realizan esta actividad; compran o rentan sus carritos y tambos para poder trabajar.

Por otra parte, se estima que la tasa de cobertura del servicio de recolección es de casi 100%, aunque no se prestan los servicios de recolección (“sobre la ruta”) a las áreas con asentamientos irregulares, ya que proporcionar estos servicios acarrearía más asentamientos irregulares. Sin embargo, la recolección de los residuos se lleva a cabo en estas áreas mediante un sistema de “recolección de puntos fijos”.

b. Vehículos de Recolección

Hasta 1998, el parque vehicular de recolección estaba integrado por más de 2000 unidades, como se muestra en el cuadro 1-3, donde se observa que el mayor porcentaje lo constituyen los vehículos de recolección de caja rectangular que junto con los de carga tubular, ambos con mecanismo de compactación y de carga trasera, constituyen más del 50%.

[Escribir texto]

Cuadro 1-3 Número de vehículos.

Tipo Delegación	Cargador Frontal	Carga Trasera	Tipo Rectangular	Tipo Tubular	Camión de Volteo	Mini- Recolector	Total
Capacidad de carga	18m ³ , 6.5 t	12m ³ , 5.0 t	12m ³ , 4,5t* 16m ³ , 4.0t	12m ³ , 4.5 t 16m ³ , 4.0 t	8m ³ , 2.5 t 16m ³ , 4.0 t	8m ³ , 3.0 t	
Álvaro Obregón	4	34	31	17	52		138
Azcapotzalco	7	63	32	34	4		140
Benito Juárez	4	22	66	38	4		134
Coyoacán	5	52	34	32	5		128
Cuajimalpa		10	8	9	4	6	37
Cuauhtémoc	12	94	44	75	26		251
Gustavo A. Madero	7	56	96	76	46		281
Iztacalco	1	37	14	15	25		92
Iztapalapa	2	50	85	42	32		211
M. Contreras		12	6	3	11	29	61
Miguel Hidalgo	3	46	43	37	44		173
Milpa Alta		1			22	3	26
Tláhuac		19	8	4	16		47
Tlalpan		39	21	9	14		83
V. Carranza	8	17	73	19	38	5	160
Xochimilco	6	12	15	6	10		49
Total	59	564	576	416	353	43	2011

Fuete: parque vehicular de recolección asignado alas delegaciones polífticas, enero de 1998, DGSU

Notas: 12m³, 4.5t* son sin mecanismo de compactación, 16m³, 4.0t con mecanismo de compactación.

También es importante mencionar como se indica en el cuadro 1-4, que de las 2011 unidades, 1078 presentaban un periodo de obsolescencia de 15 años, lo cual en teoría, deberían haber sido sustituidos en su oportunidad, no solamente por los elevados gastos de mantenimiento que registran, sino porque tecnológicamente implican un rezago que se traduce en ineficiencia y en elevadas cargas administrativas.

c. Número de Viajes Diarios

El cuadro 1-4 muestra el número de vehículos de recolección en condiciones de trabajar distribuidos en cada delegación. Por otro lado, el cuadro 1-5 muestra la capacidad nominal de carga de cada tipo de vehículo y la capacidad de carga de los vehículos en condiciones de trabajar.

[Escribir texto]

Cuadro 1-4 Número de Vehículos en Condiciones de Trabajar por Delegación

	Cargador Frontal	Carga Trasera	Tipo Rectangular	Tipo Tubular	Camión de Volteo	Mini-Recolector	Total
Capacidad(ton/viaje)	6	5	4.5	4.5	2.5	2	
Álvaro Obregón	4	34	12	6	31		87
Azcapotzalco	7	63	15	24	3		112
Benito Juárez	4	22	46	32	3		107
Coyoacán	5	52	16	17	3		93
Cuajimalpa		10	5	3	4	6	26
Cuauhtémoc	10	90	20	23	11		154
Gustavo A. Madero	7	55	28	35	28		153
Iztacalco	1	36	11	11	19		78
Iztapalapa	2	50	65	23	19		159
M. Contreras		12	3	2	7	29	53
Miguel Hidalgo	3	46	33	23	20		125
Milpa Alta		1			21	3	25
Tláhuac		19	4	4	12		39
Tlalpan		38	11	6	10		65
V. Carranza	8	17	52	11	31	5	124
Xochimilco	6	12	5	2	9		34
Total	57	557	326	222	229	43	1434

Fuente: PARQUE VEHICULAR DE RECOLECCIÓN ASIGNADO A LAS DELEGACIONES POLÍTICAS, Enero, 1998, DGSU

Cuadro 1-5: Capacidad de Recolección (por viaje) de la flota de vehículos en condiciones de trabajar

	Cargador Frontal	Carga Trasera	Tipo Rectangular	Tipo Tubular	Camión de Volteo	Mini-Recolector	Total
Capacidad de carga (ton/viaje)	6	5	4.5	4.5	2.5	2	
Álvaro Obregón	24	170	54	27	78	0	353
Azcapotzalco	42	315	68	108	8	0	540
Benito Juárez	24	110	207	144	8	0	493
Coyoacán	30	260	72	77	8	0	446
Cuajimalpa	0	50	23	14	5	12	103
Cuauhtémoc	60	450	90	104	28	0	731
Gustavo A. Madero	42	275	126	158	70	0	671
Iztacalco	6	180	50	50	48	0	333
Iztapalapa	12	250	293	104	48	0	706
M. Contreras	0	60	14	9	18	58	158
Miguel Hidalgo	18	230	149	104	50	0	550
Milpa Alta	0	5	0	0	53	6	64
Tláhuac	0	95	18	18	30	0	161
Tlalpan	0	190	50	27	25	0	292
V. Carranza	48	85	234	50	78	10	504
Xochimilco	36	60	23	9	23	0	150
Total	342	2785	1467	999	573	86	6252

Fuente: PARQUE VEHICULAR DE RECOLECCIÓN ASIGNADO A LAS DELEGACIONES POLÍTICAS, Enero, 1998, DGSU

Con base en la información anterior, los viajes diarios en promedio de los vehículos de recolección en las delegaciones se resumen en el cuadro 1-6. Se hacen en promedio por el GDF cerca de 1.7 viajes/día, con un rango de 0.9 viajes/día en Azcapotzalco a 2.8 viajes/día en Iztapalapa. 10 delegaciones hacen menos viajes que el promedio del GDF.

[Escribir texto]

Cuadro 1-6: Viajes Diarios Promedio

	Cantidad de residuos Generados en 1997 (ton/día)*	Capacidad de recolección De vehículos (ton/día)	Número de viajes
Álvaro Obregón	570	353	1.6
Azcapotzalco	498	540	0.9
Benito Juárez	613	493	1.2
Coyoacán	782	446	1.8
Cuajimalpa	135	103	1.3
Cuauhtémoc	1221	731	1.7
Gustavo A. Madero	1551	671	2.3
Iztacalco	444	333	1.3
Iztapalapa	1994	706	2.8
M. Contreras	218	158	1.4
Miguel Hidalgo	647	550	1.2
Milpa Alta	73	64	1.1
Tláhuac	261	161	2.3
Tlalpan	681	292	2.3
V. Carranza	840	504	1.7
Xochimilco	347	150	2.3
Total	10875	6252	(valor medio) 1.7

Notas: *sin incluir los residuos de la Central de Abastos

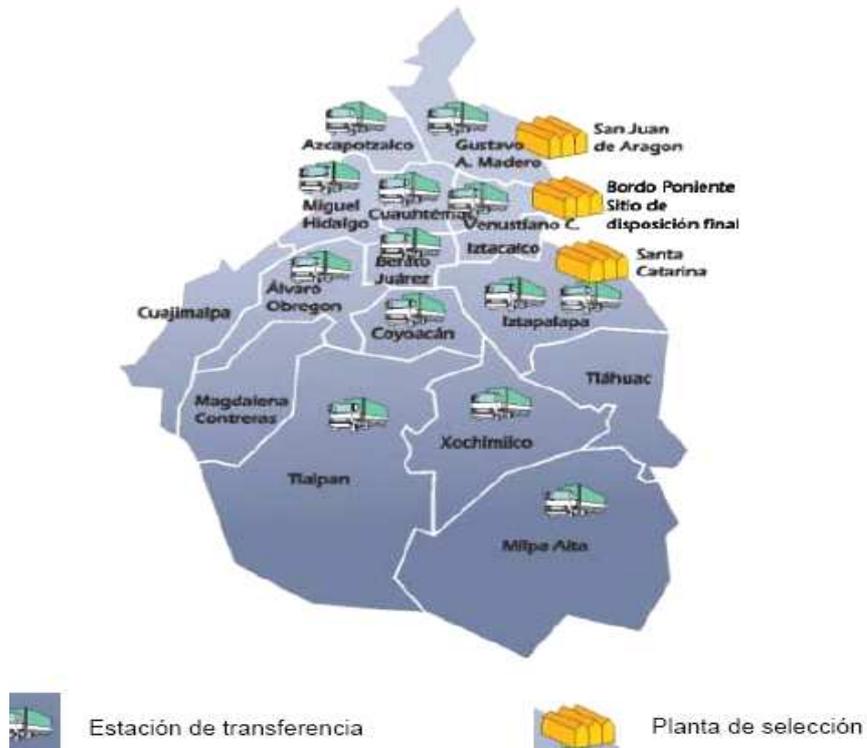
1.6.2.2 Sistema de Transportación

a) Estación de Transferencia

Ante la necesidad de fortalecer y eficientar los servicios para el control de los residuos sólidos, es imprescindible contar con la infraestructura idónea que posibilite en el corto plazo, el mejoramiento y la uniformidad de tales servicios en todo el Distrito Federal. Parte fundamental de dicha infraestructura, son las estaciones de transferencia, y en la actualidad en la Ciudad de México existen 13 estaciones de transferencia.

[Escribir texto]

Figura 1-6 Ubicación de las Estaciones de Transferencia y Plantas de Selección.



Cuadro 1-7: Generalidades de las Estaciones de Transferencia

Unidad: m²

Nombre	Área de instalaciones*	Superficie de piso*	Áreas verdes*	Cuerpo operativo
Álvaro Obregón	8000	7900	3284	DGSU
Azcapotzalco	8900	6607	355	Delegación/DGSU
Benito Juárez	8804	7380	1877	Delegación
Coyoacán	12187	6798	2067	Delegación/DGSU
Cuauhtémoc	6974	4420	485	Delegación/DGSU
Gustavo A. Madero	3000	2800	5717	DGSU
Iztapalapa I	9949	6746	1638	DGSU
Iztapalapa II	8871	4563	467	DGSU
Miguel Hidalgo	6426	4400	570	Delegación/DGSU
Milpa Alta	24335	5020	11395	DGSU
Tlalpan	6516	6208	332	DGSU
V. Carranza	8867	7507	1106	Delegación/DGSU
Xochimilco	1500	1100	500	Delegación/DGSU

Fuente: *MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO GDF

Estas estaciones fueron diseñadas y construidas tomando en cuenta criterios ecológicos para el control de ruido, polvos, partículas suspendidas entre otros. Por ello las nuevas estaciones y las ya existentes son cubiertas con paredes acústicas y sistemas

[Escribir texto]

hidroneumáticos para el lavado y riego, así como equipos de control de calidad ambiental interior.

Se cerró una estación de transferencia en la delegación Magdalena Contreras en febrero de 1997, debido a las siguientes razones:

- La estación de transferencia era mas pequeña que las demás estaciones, y se estructuró para transferir los residuos a cajas tipo contenedor;
- Los vehículos utilizados en la delegación aumentaron año con año y a la misma capacidad de las cajas contenedoras, y
- La localización de la estación de transferencia en un área de colinas disminuyó la eficiencia

La delegación Iztapalapa cuenta con dos estaciones de transferencia; una de ellas (Iztapalapa II) maneja residuos de la Central de Abastos exclusivamente.

Estas trece estaciones de transferencia son manejadas por la DGSU o por una delegación, o por ambas. La operación práctica de las estaciones se otorgan por medio de contratos al sector privado.

El cuadro 1-8 muestra la cantidad transferida en cada delegación. Sin embargo, ninguna de estas cuenta con una báscula, por lo que las cantidades que entran y salen se calcula a partir del número de vehículos registrados y su capacidad nominal (o a partir de sondeos empíricos). No existen a la fecha datos precisos acerca de las cantidades transferidas (que entran o salen).

Cuadro 1-8 Cantidad transferida por delegación.

Nombre	Registro de Transferencia*(ton/día)
Álvaro Obregón	830
Azcapotzalco	728
Benito Juárez	No registrado
Coyoacán	1083
Cuauhtémoc	809
Gustavo A. Madero	416
Iztapalapa I	1000
Iztapalapa II	980
Miguel Hidalgo	584
Milpa Alta	49
Tlalpan	322
V. Carranza	672
Xochimilco	408
Total	7881

*Registro de operaciones de la P/S (enero-julio /1998), DGSU

[Escribir texto]

b). Transporte

Los residuos sólidos municipales recolectados por las delegaciones se concentran principalmente en las 13 estaciones de transferencia y son transportados en trailers de gran tamaño (70m³) a sus respectivos destinos (sitios de disposición final o Plantas de Selección: P/S). Como excepciones pueden mencionarse el transporte directo por parte de los vehículos recolectores debido a la cercanía con el sitio de destino. Los residuos no aprovechables de las tres P/S se vuelven a cargar en los trailers que los llevan a los sitios de disposición final. La DGSU concede estas tareas de transportación a la industria privada. Los trabajos estipulados en el contrato se pagan con una tasa unitaria combinada (peso/km/ton) con base en la distancia que se recorre para transportar y el peso que se carga, de acuerdo con el cuadro 1-9. Además de los trailers de 70m³, existen otras flotillas de transporte con capacidad de 17m³, que se utilizan exclusivamente para el transporte de escombros.

Cuadro 1-9 Distancia de la delegación a la disposición final (km)

Destino		Sitio de relleno		P/S		
		Bordo Poniente	Santa Catarina	Bordo Poniente	San Juan de Aragón	Santa Catarina
Est. De Transferencia	Álvaro Obregón	29.4	30.3	27.5	-	29.6
	Azcapotzalco	22.8	-	21.1	14.1	30.3
	Coyoacán	31.9	28.7	-	-	27.7
	Cuauhtémoc	19.5	23.4	17.8	-	22.5
	Gustavo A. Madero	13	-	-	-	-
	Iztapalapa I	16.3	17.8	14.7	-	16.7
	Iztapalapa II	16.1	17.6	14.5	-	16.5
	Miguel Hidalgo	32.5	-	-	23.6	-
	Milpa Alta	42.4	-	-	-	-
	Tlalpan	43.3	40	41.6	-	40
	V. Carranza	16.6	0	14.9	-	-
	Xochimilco	35.6	17.3	34	-	-
P/S	Bordo Poniente	2	-	-	-	-
	San Juan de Aragón	13	-	-	-	-
	Santa Catarina	26.9	-	-	-	-

Los trailers de transporte que se utilizan en estas obras son propiedad de varios sectores, como se muestra a continuación:

- El tractor y la caja pertenece al sector privado;
- El tractor pertenece al sector privado, y la caja a la DGSU; y
- El tractor y la caja pertenecen a la DGSU

Las cajas y los trailers totalizan 236 unidades, y todas cuentan con piso vivo. Cada caja que pertenece a la DGSU tiene asignadas sus estaciones de transferencia.

Por otro lado, cada tractor cuenta con un “sistema global posicionador (SGP)” que monitorea y controla el sistema total de transportación. Este sistema de monitoreo y control es manejado desde la oficina de la DGSU en la estación de transferencia de Álvaro Obregón.

Para optimizar el transporte, esta oficina puede programar a cualquier unidad de transporte (tractor y caja) a que se dirija a cualquier estación de transferencia cuando sea necesario, aunque cada caja de trailer que pertenece a la DGSU ya tiene asignada su estación de transferencia.

[Escribir texto]

CAPÍTULO 2

NORMATIVIDAD

Objetivo: Identificar cuáles son las leyes y normas que rigen la disposición final de los desechos sólidos para poder fundamentar las políticas y soluciones que son necesarias para mitigar el impacto ambiental debido a estos residuos.

2.1 Políticas Ambientales

2.1.1 Aspectos Generales

La Ciudad de México es una de las ciudades más grandes del mundo con aproximadamente 9.3% del total de población del país y casi una tercera parte de la producción industrial. En consecuencia la ciudad ha estado sufriendo de gran estrés ambiental.

La primera incorporación de las políticas de protección ambiental a la Constitución fue en 1983, cuando se creó la subsecretaría de ecología. Las políticas ambientales, de cualquier manera no fueron ejecutadas sistemáticamente hasta la presente base legal, con la creación de la Ley General de Protección al Ambiente y Balance Ecológico. El esfuerzo para llevar a cabo la práctica eficiente de la administración ambiental se continuó hasta que dio como resultado el Programa Nacional para la Protección Ambiental de 1990-1994 en el cual apareció el Desarrollo Sustentable. El Desarrollo Sustentable es uno de los principales objetivos actuales establecidos por la nueva Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, enmendada en 1996.

Las preocupaciones en materia ambiental que México tiene son diversas. Las áreas urbanas sufren de problemas de contaminación de aire, de tratamiento de agua en términos de calidad y cantidad y en el manejo de residuos municipales e industriales que cada vez se incrementan más. En las áreas conurbadas y otras localidades, prevalecen la pobreza y la presión del crecimiento demográfico, que se traduce en decremento de la calidad de vida y recursos naturales, como bosques y biodiversidad. México está, sin duda, expuesto a problemas ambientales asociados al proceso de industrialización, pero al mismo tiempo tiene que luchar con problemas económicos y sociales que amenazan así mismo los recursos naturales irrecuperables, cuestiones típicas de los países subdesarrollados. Por todo esto, el país expresó su preocupación por desarrollar de 1995 al 2000 el Plan Nacional de Desarrollo para el Desarrollo Sustentable y el fortalecimiento económico debe ir ligado al desarrollo de protección ambiental y facilitar la eliminación de desigualdades sociales.

[Escribir texto]

2.2 Legislación

2.2a Constitución

La constitución, creada en 1917 y enmendada en 1987, fundamenta las políticas mexicanas en materia ambiental. Establece que el país tiene el derecho de controlar el desarrollo para proteger los recursos naturales. También aprueba que los Gobierno Federal, Estatal y Municipal establezcan sus legislaciones de acuerdo a su jurisdicción, definiendo su competencia con el propósito de protección ambiental, de preservación y restauración del ecosistema por los medios locales adecuados.

2.2.1 Artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que Legislan Sobre el Ambiente

El Artículo 4o de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos indica: “El varón y la mujer son iguales ante la ley. Ésta protegerá la organización y el desarrollo de la familia.

Toda persona tiene derecho a decidir de manera libre responsable e informada sobre el número y espaciamiento de sus hijos.

Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución.

Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.”

“Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo.

Los niños y las niñas tienen derecho a la satisfacción de sus necesidades de alimentación, salud, educación y sano esparcimiento para su desarrollo integral.

Los ascendientes, tutores y custodios tienen el deber de preservar estos derechos. El Estado proveerá lo necesario para propiciar el respeto a la dignidad de la niñez y el ejercicio pleno de sus derechos.

El Estado otorgará facilidades a los particulares para que se coadyuven al cumplimiento de los derechos de la niñez.”

El artículo 25 dice: “Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución de la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.

El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará a cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución.

Al desarrollo económico nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación

El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre el

[Escribir texto]

Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos que en su caso se establezcan. Asimismo, podrá participar por sí con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo.

Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolo a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

La ley establecerá los mecanismos que faciliten la organización y la expansión de la actividad económica del sector social: de los ejidos, organizaciones de los trabajadores, cooperativas, comunidades, empresas que pertenezcan mayoritaria o exclusivamente a los trabajadores y, en general, de todas las formas de organización social para la producción, distribución y consumo de bienes y servicios socialmente necesarios.

La Ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional en los términos de que establece esta Constitución”.

El artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos señala: “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada”.

“Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización”.

“La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, uso, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural, para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad”.

“Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; los yacimientos de piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente por las aguas marinas; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación necesite trabajos subterráneos; los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser utilizados como fertilizantes; los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los

[Escribir texto]

carburos de hidrogeno sólidos líquidos o gaseosos; y el espacio situado sobre el terreno nacional, en la extensión y términos que dicte el derecho internacional.”

“Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y en los términos que fije el derecho internacional; las aguas marinas interiores, las de las lagunas y los esteros que se comuniquen permanentemente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cause en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cause de aquellas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de limite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; las de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o mas entidades o entre la República y un país vecino; o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno; pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aun establecer zonas vedadas, al igual que las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizan en dos o más predios, el aprovechamiento de esta agua se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los Estados.”

“En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas mediante el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y sustancias a que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones de ésta. El Gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas naturales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose del petróleo y los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos o de minerales radiactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que, en su caso, se hayan otorgado y la Nación llevará a cabo la explotación de esos productos, en los términos que señale la ley reglamentaria respectiva. Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.”

[Escribir texto]

“Corresponde también a la Nación el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear y la regulación de sus aplicaciones en otros propósitos. El uso de la energía nuclear solo podrá tener fines pacíficos.”

“La Nación ejerce en una zona económica exclusiva situada fuera del mar territorial y adyacente a este, los derechos de soberanía y las jurisdicciones que determinen las leyes del Congreso. La zona económica exclusiva se extenderá a doscientas millas náuticas, medidas a partir de la línea de base desde la cual se mide el mar territorial. En aquellos casos en que esa extensión produzca superposición con las zonas económicas exclusivas de otros Estados, la relimitación de las respectivas zonas se hará, en la medida que resulte necesario, mediante acuerdo con estos Estados.”

“La capacidad para adquirir el dominio de las tierras y aguas de la Nación, se regirá por las siguientes prescripciones:

I. Solo los mexicanos por nacimiento o por naturalización y las sociedades mexicanas tiene derecho para adquirir el dominio las tierras, aguas y sus accesiones o para obtener concesiones de explotación de minas o aguas. El Estado podrá conceder el mismo derecho a los extranjeros, siempre que convengan ante la Secretaría de Relaciones en considerarse como nacionales respecto de dichos bienes y en no invocar, por lo mismo, la protección de sus gobiernos por lo que se refiere a aquellos; bajo pena, en caso de faltar al convenio, de perder en beneficio de la Nación, los bienes que hubieren adquirido en virtud del mismo. En una faja de cien kilómetros a lo largo de las fronteras y de cincuenta en las playas, por ningún motivo podrán los extranjeros adquirir el dominio directo sobre las tierras y aguas.

El Estado, de acuerdo con los intereses públicos internos y los principios de reciprocidad, podrá a juicio de la Secretaría de Relaciones, conceder autorización a los Estados extranjeros para que adquieran, en el lugar permanente de la residencia de los Poderes Federales, la propiedad privada de bienes inmuebles necesarios para el servicio directo de sus embajadas o legaciones;

II. Las asociaciones religiosas que se constituyan en los términos del artículo 130 y su ley reglamentaria tendrán capacidad para adquirir, poseer, administrar, exclusivamente, los bienes que sean indispensables para su objeto, con los requisitos y limitaciones que establezca la ley reglamentaria;

III. Las instituciones de beneficencia, pública o privada, que tengan por objeto el auxilio de los necesitados, la investigación científica, la difusión de la enseñanza, la ayuda recíprocas de los asociados, o cualquier otro objeto lícito, no podrán adquirir mas bienes raíces que los indispensables para su objeto, inmediata y directamente destinados a él, con sujeción a lo que determine la ley reglamentaria;

IV. Las sociedades mercantiles por acciones podrán ser propietarias de terrenos rústicos pero únicamente en la extensión que sea necesaria para el cumplimiento de su objeto.

En ningún caso las sociedades de esta clase podrán tener en propiedad tierras dedicadas a actividades agrícolas, ganaderas o forestales en mayor extensión que la respectiva equivalente a veinticinco veces lo límites señalados en la fracción XV de este artículo. La ley reglamentaria regulará la estructura del capital y el número mínimo de socios de estas sociedades a efecto de que las tierras propiedad de la sociedad no excedan en relación con cada socio los límites de la pequeña propiedad. En este caso, toda propiedad accionaria individual, correspondiente a terrenos rústicos, será acumulable para

[Escribir texto]

efectos del cómputo. Asimismo, la ley señalará las condiciones para la partición extranjera en dichas sociedades.

La propia ley establecerá los medios de registro y control necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto por esta fracción;

V. Los bancos debidamente autorizados, conforme a las leyes de instituciones de crédito, podrán tener capitales impuestos sobre propiedades urbanas y rústicas de acuerdo con las prescripciones de dichas leyes, pero no podrán tener en propiedad o en administración mas bienes raíces que los enteramente necesarios para su objeto directo;

VI. Los Estados y el Distrito Federal, lo mismo que los municipios de toda la República, tendrán plena capacidad para adquirir y poseer todos los bienes raíces necesarios para los servicios públicos.

Las leyes de la Federación y de los Estados en sus respectivas jurisdicciones, determinarán los casos en que sea de utilidad pública la ocupación de la propiedad privada, y de acuerdo con dichas leyes la autoridad administrativa hará la declaración correspondiente. El precio que se fijará como indemnización a la cosa expropiada, se basará en la cantidad que como valor fiscal de ella figure en las oficinas catastrales o recaudadoras, ya sea que este valor haya sido manifestado por el propietario o simplemente aceptado por El de un modo tácito por haber pagado sus contribuciones con esta base. El exceso de valor o demérito que haya tenido la propiedad particular por las mejoras o deterioros ocurridos con posterioridad a la fecha de la asignación del valor fiscal, será lo único que quedará sujeto a juicio pericial y a resolución judicial. Esto mismo se observará cuando se trate de objetos cuyo valor no esté fijado por las mismas autoridades antes que se dicte sentencia ejecutoriada;

VII. Se reconoce la personalidad jurídica de los núcleos de población ejidales y comunales y se protege su propiedad sobre la tierra, tanto para el asentamiento humano como para actividades productivas.

La ley protegerá la propiedad de las tierras de los grupos indígenas.

La ley, considerando el respeto y fortalecimiento de la vida comunitaria de los ejidos y comunidades, protegerá la tierra para el asentamiento humano y regulará el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de vida de sus pobladores.

La ley, con respeto a la voluntad de los ejidatarios y comuneros para adaptar las condiciones que mas les convengan en el aprovechamiento de sus recursos productivos, regulará el ejercicio de los derechos de los comuneros sobre la tierra y de cada ejidatario sobre su parcela. Asimismo establecerá los procedimientos por los cuales ejidatarios y comuneros podrán asociarse entre sí, con el Estado o con terceros y otorgar el uso de sus tierras; y, tratándose de ejidatarios, transmitir sus derechos parcelarios entre los miembros del núcleo de población; igualmente fijará los requisitos y procedimientos conforme a los cuales la asamblea ejidal otorgará al ejidatario el dominio sobre su parcela. En caso de enajenación de parcelas se respetará el derecho de preferencia que prevea la ley.

Dentro de un mismo núcleo de población, ningún ejidatario podrá ser titular de más tierra que la equivalente al cinco por ciento del total de las tierras ejidales. En todo caso, la titularidad de tierras en favor de un solo ejidatario deberá ajustarse a los límites señalados en la fracción XV.

La asamblea general es el órgano supremo del núcleo de población ejidal o comunal, con la organización y funciones que la ley señale. El comisariado ejidal o de

[Escribir texto]

bienes comunales, electo democráticamente en los términos de la ley, es el órgano de representación del núcleo y el responsable de ejecutar las resoluciones de la asamblea.

La restitución de tierras, bosques y aguas de los núcleos de población se hará en los términos de la ley reglamentaria.

VIII. Se declaran nulas:

- a) Todas las enajenaciones de tierras, aguas y montes pertenecientes a los pueblos, rancherías, congregaciones o comunidades, hechas por los jefes políticos, gobernadores de los Estados, o cualquier otra autoridad local en contravención a lo dispuesto en la ley de 25 de junio de 1856 y demás leyes y disposiciones relativas;
- b) Todas las concesiones, composiciones o ventas de tierras, aguas y montes, hechas por la Secretaría de Fomento, Hacienda o cualquier otra autoridad federal, desde el día 10 de diciembre de 1876, hasta la fecha, con las cuales se hayan invadido y ocupado ilegalmente los ejidos, terrenos de común repartimiento o cualquier otra clase, pertenecientes a los pueblos, rancherías, congregaciones o comunidades, y núcleos de población;
- c) Todas las diligencias de apeo o deslinde, transacciones, enajenaciones o remates practicados durante el periodo de tiempo a que se refiere la fracción anterior, por compañías, jueces u otras autoridades de los Estados o de la Federación, con los cuales se hayan invadido u ocupado ilegalmente tierras, aguas y montes de los ejidos, terrenos de común repartimiento, o de cualquier otra clase, perteneciente a núcleos de población.

Quedan exceptuadas de la nulidad anterior, únicamente las tierras que hubieren sido tituladas en los repartimientos hechos con apego a la ley de 25 de junio de 1856 y poseídas en nombre propio a título de dominio por más de diez años, cuando su superficie no exceda de cincuenta hectáreas;

IX. La división o reparto que se hubiere hecho con apariencia de legítima entre los vecinos de algún núcleo de población y en la que haya habido error o vicio, podrá ser nulificada cuando así lo soliciten las tres cuartas partes de los vecinos que estén en posesión de una cuarta parte de los terrenos, materia de la división, o una cuarta parte de los mismos vecinos cuando estén en posesión de las tres cuartas partes de los terrenos;

X. Derogada

XI. Derogada.

XII. Derogada.

XIII. Derogada.

XIV. Derogada.

XV. En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los latifundios.

Se considera pequeña propiedad agrícola la que no exceda por individuo de riego o humedad de primera o sus equivalentes en otras clases de tierras.

Para los efectos de la equivalencia se computará una hectárea de riego por dos de temporal, por cuatro de agostadero de buena calidad por ocho de bosque, monte o agostadero en terrenos áridos.

Se considerará, asimismo, como pequeña propiedad, la superficie que no exceda por individuo de ciento cincuenta hectáreas cuando las tierras se dediquen al cultivo de algodón, si reciben riego; y de trescientas, cuando se dediquen al cultivo del plátano, caña de azúcar, café, henequén, hule, palma, vid, olivo, quina, vainilla, cacao, agave, nopal o árboles frutales.

[Escribir texto]

Se considerará pequeña propiedad ganadera la que no exceda, por individuo la superficie necesaria para mantener hasta quinientas cabezas de ganado mayor o su equivalente en ganado menor en los términos que fije la ley, de acuerdo con la capacidad forrajera de los terrenos.

Cuando debido a obras de riego, drenaje o cualesquiera otras ejecutadas por los dueños o poseedores de una pequeña propiedad se hubiese mejorado la calidad de sus tierras, seguirá siendo considerada como pequeña propiedad aun. Cuando en virtud de la mejoría obtenida, se rebasen los máximos señalados por esta fracción, siempre que se reúnan los requisitos que fije la ley.

Cuando en una pequeña propiedad ganadera se realicen mejoras en sus tierras y estas se destinen a usos agrícolas, la superficie utilizada para este fin no podrán exceder, según el caso, los límites a que se refieren los párrafos segundo y tercero de esta fracción que correspondan a la calidad que hubieren tenido dichas tierras antes de la mejora;

XVI. Derogada.

XVII. El Congreso de la Unión y las legislaturas de los Estados, en sus respectivas jurisdicciones, expedirán leyes que establezcan los procedimientos para el fraccionamiento y enajenación de las extensiones que lleguen a exceder los límites señalados en las fracciones IV y XV de este artículo.

El excedente deberá ser fraccionado y enajenado por el propietario dentro del plazo de un año contado a partir de la notificación correspondiente. Si transcurrido el plazo el excedente no se ha enajenado, la venta deberá hacerse mediante pública almoneda. En igualdad de condiciones, se respetará el derecho de preferencia que prevea la ley reglamentaria.

Las leyes locales organizarán el patrimonio de la familia, determinando los bienes que deben constituirlo, sobre la base de que será inalienable y no estará sujeto a embargo ni a gravamen ninguno;

XVIII. Se declaran revisables todos los contratos y concesiones hechos por los gobiernos anteriores desde el año 1876, que hayan traído por consecuencia el acaparamiento de tierras, aguas y riquezas naturales de la Nación, por una sola persona o sociedad, y se faculta al Ejecutivo de la Unión para declararlos nulos cuando impliquen perjuicios graves para el interés público;

XIX. Con base en esta Constitución, el Estado dispondrá las medidas para la expedita y honesta impartición de la justicia agraria, con objeto de garantizar la seguridad jurídica en la tenencia de la tierra ejidal, comunal y de la pequeña propiedad, y apoyará la asesoría legal de los campesinos.

Son de jurisdicción federal todas las cuestiones que por límites de terrenos ejidales y comunales, cualquiera que sea el origen de estos, se hallen pendientes o se susciten entre dos o mas núcleos de población; así como las relacionadas con la tenencia de la tierra de los ejidos y comunidades. Para estos efectos, y en general, para la administración de la justicia agraria, la ley instituirá tribunales dotados de autonomía y plena jurisdicción, integrados por magistrados propuestos por el Ejecutivo Federal y designados por la Cámara de Senadores o, en los recesos de esta, por la Comisión Permanente.

La ley establecerá un órgano para la procuración de justicia agraria; y

XX. El Estado promoverá las condiciones para el desarrollo rural integral, con el propósito de generar empleo y garantizar a la población campesina el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional, y fomentará la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra, con obras de infraestructura,

[Escribir texto]

insumos, créditos, servicios de capacitación y asistencia técnica. Asimismo expedirá la legislación reglamentaria para planear y organizarla producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, considerándolas de interés público.”

Artículo 115 “Los Estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el Municipio Libre conforme a las bases siguientes:”

I. Cada municipio será gobernado por un Ayuntamiento de elección popular directa, integrado por el Presidente Municipal y el número de regidores y síndicos que la ley determine. La competencia que esta Constitución otorga al gobierno municipal se ejercerá por el ayuntamiento de manera exclusiva y no habrá autoridad intermedia alguna entre éste y el gobierno del Estado.

Los presidentes municipales, regidores y síndicos de los ayuntamientos, electos popularmente por elección directa, no podrán ser reelectos para el periodo inmediato. Las personas que por elección indirecta, o por nombramiento o designación de alguna autoridad desempeñen las funciones propias de esos cargos, cualquiera que sea la denominación que se les dé, no podrán ser electos para el periodo inmediato. Todos los funcionarios antes mencionados, cuando tengan el carácter de propietarios, no podrán ser electos para el periodo inmediato con carácter de suplentes, pero los que tengan el carácter de suplentes sí podrán ser electos para el periodo inmediato como propietarios a menos que hayan estado en ejercicio.

Las legislaturas locales, por acuerdo de las dos terceras partes de sus integrantes, podrán suspender ayuntamientos, declarar que estos han desaparecido y suspender o revocar el mandato a alguno de sus miembros, por alguna de las causas graves que la ley local prevenga, siempre y cuando sus miembros hayan tenido oportunidad suficiente para rendir las pruebas y hacer los alegatos que a su juicio convengan.

Si alguno de los miembros dejare de desempeñar su cargo, será sustituido por su suplente, o se procederá según lo disponga la ley.

En caso de declararse desaparecido un ayuntamiento o por renuncia o falta absoluta de la mayoría de sus miembros, si conforme a la ley no procede que entren en funciones los suplentes ni que se celebren nuevas elecciones, las legislaturas de los Estados designarán de entre los vecinos a los Concejos Municipales que concluirán los periodos respectivos; estos Concejos estarán integrados por el número de miembros que determine la ley, quienes deberán cumplir los requisitos de elegibilidad establecidos para los regidores.

II. Los municipios estarán investidos de personalidad jurídica y manejarán su patrimonio conforme a la ley.

Los ayuntamientos tendrán facultades para aprobar, de acuerdo a las leyes en materia municipal, que deberán expedir las legislaturas de los Estados, los bandos de policía y gobierno, los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones, que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal.

El objeto de las leyes a que se refiere el párrafo anterior será:

- a) Las bases generales de la administración pública municipal y del procedimiento administrativo, incluyendo los medios de impugnación y los órganos para dirimir

[Escribir texto]

las controversias entre dicha administración y los particulares, con sujeción a los principios de igualdad, publicidad, audiencia y legalidad;

- b) Los casos en que se requiere el acuerdo de las dos terceras partes de los miembros de los ayuntamientos para dictar resoluciones que afecten el patrimonio inmobiliario municipal o para celebrar actos o convenios que comprometan al Municipio por un plazo mayor al Ayuntamiento.
- c) Las normas de aplicación general para celebrar los convenios a que se refieren tanto las fracciones III y IV de este artículo, como el segundo párrafo de la fracción VII del artículo 116 de esta constitución;
- d) El procedimiento y condiciones para que el gobierno estatal asuma una función o servicio municipal cuando, al no existir el convenio correspondiente, la legislatura estatal considere que el municipio de que se trate esté imposibilitado para ejercerlos o prestarlos; en este caso, será necesaria solicitud previa del ayuntamiento respectivo, aprobada por cuando menos dos terceras partes de sus integrantes; y
- e) Las disposiciones aplicables en aquellos municipios que no cuenten con los bandos o reglamentos correspondientes.

III “Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

- a) **Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición aguas residuales;**
- b) **Alumbrado público.**
- c) **Limpia, recolección, traslado tratamiento y disposición final de residuos;**
- d) Mercados y centrales de abasto;
- e) Panteones;
- f) Rastro;
- g) Calles parques y jardines y su equipamiento;
- h) Seguridad pública, en los términos del artículo 21 de esta Constitución, policía municipal y tránsito ; e
- i) Los demás que las legislaturas locales determinen según las condiciones territoriales y socioeconómicas de los Municipios, así como su capacidad administrativa y financiera”

Sin perjuicios de su competencia constitucional, en el desempeño de las funciones o la prestación de los servicios a su cargo, los municipios observarán lo dispuesto por las leyes federales y estatales.

Los municipios, previo acuerdo entre sus ayuntamientos podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de las funciones que les correspondan. En este caso y tratándose de la asociación de los municipios de dos o mas Estados, deberán contar con la aprobación de las legislaturas de los Estados respectivos. Así mismo cuando a juicio del ayuntamiento respectivo sea necesario, podrán celebrar convenios con el Estado para que éste, de manera directa o a través del organismo correspondiente, se haga cargo en forma temporal de algunos de ellos, o bien se presenten o ejerzan coordinadamente por el Estado o el propio municipio;

Las comunidades indígenas, dentro del ámbito municipal, podrán coordinarse o asociarse en los términos y para los efectos que prevengan la ley.

IV. Los municipios administrarán libremente su hacienda, la cual se formará de los rendimientos de los bienes que les pertenezcan, así como de las contribuciones y otros ingresos que las legislaturas establezcan a su favor, y en su caso:

[Escribir texto]

- a) Percibirán las contribuciones, incluyendo tasas adicionales, que establezcan los Estados sobre la propiedad inmobiliaria, de su fraccionamiento, división, consolidación, traslación y mejora, así como las que tengan por base el cambio de valor de los inmuebles.

Los municipios podrán celebrar convenios con el Estado para que este se haga cargo de algunas de las funciones relacionadas con la administración de estas contribuciones.

- b) Las participaciones federales, que serán cubiertas por la Federación a los municipios, con arreglo a las bases, montos y plazos que anualmente se determinen por las Legislaturas de los Estados.

- c) Los ingresos derivados de la prestación de servicios públicos a su cargo.

Las leyes federales no limitarán la facultad de los Estados para establecer las contribuciones a que se refieren los incisos a) y c), ni concederán exenciones en relación con las mismas. Las leyes estatales no establecerán exenciones o subsidios a favor de persona o institución alguna respecto de dichas contribuciones. Solo estarán exentos los bienes de dominio público de la Federación, de los Estados o los Municipios, salvo que tales bienes sean utilizados por entidades paraestatales o por particulares, bajo cualquier título, para fines administrativos o propósitos distintos a los de su objeto público.

Los ayuntamientos, en el ámbito de su competencia, propondrán a las legislaturas estatales las cuotas y tarifas aplicables a impuestos, derechos, contribuciones de mejoras y las tablas de valores unitarios de suelo y construcciones que sirvan de base para el cobro de las contribuciones sobre la propiedad inmobiliaria.

Las legislaturas de los Estados aprobarán las leyes de ingresos de los municipios, revisarán y fiscalizarán sus cuentas públicas. Los presupuestos de egresos serán aprobados por los ayuntamientos con base en sus ingresos disponibles.

Los recursos que integran la hacienda municipal serán ejercidos en forma directa por los ayuntamientos, o bien, por quien ellos autoricen, conforme a la ley;

V. Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

- a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;
- b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales;
- c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los Municipios;
- d) Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales;
- e) Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana;
- f) Otorgar licencias y permisos de construcción;
- g) Participar en la creación de y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia;
- h) Intervenir en la formulación y aplicación de programas de transporte público de pasajeros cuando aquellos afecten su ámbito territorial; e
- i) Celebrar convenios para la administración y custodia de las zonas federales.

[Escribir texto]

En lo conducente y de conformidad a los fines señalados en el párrafo tercero del artículo 27 de esta constitución, expedirán los reglamentos y disposiciones administrativas que fueren necesarios;

VI. Cuando dos o mas centros urbanos situados en territorios municipales de dos o mas entidades federativas formen o tiendan a formar una continuidad demográfica, la Federación, las entidades federativas y los Municipios respectivos, en el ámbito de sus competencias, planearán y regularán de manera conjunta y coordinada el desarrollo de dichos centros con apego a la ley federal de la materia;

VII. La policía preventiva municipal estará al mando del presidente Municipal, en los términos del reglamento correspondiente. Aquella acatará las órdenes que el Gobernador del Estado le transmita en aquellos casos que éste juzgue como de fuerza mayor o alteración grave del orden público.

El Ejecutivo Federal tendrá el mando de la fuerza pública en los lugares donde resida habitual o transitoriamente;

VIII. Las leyes de los Estados introducirán el principio de la representación proporcional en la elección de los ayuntamientos de todos los Municipios.

Las relaciones de trabajo entre los Municipios y sus trabajadores, se regirán por las leyes que expidan las legislaturas de los Estados con base en el artículo 123 de esta Constitución, y sus disposiciones reglamentarias.”

2.2.2 Organizaciones Involucradas

Otras organizaciones involucradas que reglamentan sobre el ambiente son:

2.2.2a.SEMARNAP

La SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) es el organismo encargado de la protección de recursos naturales y promoción del Desarrollo Sustentable. Fue establecida en 1994 combinando aspectos que les atañen a la SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social).

La SEMARNAP con su personal de cerca de 40,000 elementos, es responsable entre otras cosas de:

- Fomentar la protección, restauración y conservación de los recursos naturales.
- Formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales, ecología, saneamiento ambiental, agua, regulación ambiental del desarrollo urbano y desarrollo de la actividad pesquera
- Administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que corresponden a la Federación.
- Establecer las Normas Oficiales Mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente, sobre los ecosistemas naturales, sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y del ecosistema y la vida silvestre, sobre los materiales peligrosos y residuos sólidos peligrosos, en conjunto con las autoridades competentes.

[Escribir texto]

- Vigilar y estimular el cumplimiento de las leyes, Normas Oficiales Mexicanas y programas relacionados con recursos naturales, así como, en su caso, imponer las sanciones procedentes.
- Evaluar y comentar sobre el informe de Impacto Ambiental de proyectos de desarrollo de sectores públicos, social y privado y resolver riesgos ambientales.
- Coordinar y ejecutar proyectos para estructurar programas y crear capacidades en las instituciones a fin de desarrollar recursos humanos y promover los instrumentos de comunicación social para las actividades de protección ambiental.
- Diseñar y operar, con la participación de otras secretarías y organismos la adopción de instrumentos económicos para la protección, restauración y conservación ambiental.
- Fortalecer el plan ecológico de uso de suelo, en coordinación con otras autoridades federales, estatales y municipales, involucrando a ciudadanos individuales.

La SEMARNAP tiene otros 7,700 elementos que trabajan para 32 delegaciones federales en los estados y en el DF para asistir y coordinar las administraciones locales.

La SEMARNAP también supervisa las actividades políticas de cinco organizaciones afiliadas, éstas son: la Comisión Nacional del Agua (CNA - actualmente CONAGUA-), Instituto Nacional de Ecología (INE), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Instituto Nacional de Pesca (INP) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Como se muestra en el cuadro 2-1, la SEMARNAP recibe solamente la sexta o séptima parte de su presupuesto total, el resto se distribuye en las entidades subordinadas y los estados locales. Las transferencias de presupuesto a los estados se usan para proyectos colaborativos de SEMARNAP con otros gobiernos estatales o municipales. La razón para la disposición de gran parte del presupuesto a la CNA es por la inversión en obras hidráulicas como irrigación, abastecimiento de agua y distribución.

Cuadro 2-1: distribución del presupuesto de SEMARNAP (millones de pesos)

	1995	1996	1997
Secretaría <i>per se</i>	742	929	1053
Entidades subordinadas	4064	5482	5775
INP	49	60	59
CNA	3595	4952	5304
IMTA	99	108	66
INE	137	170	155
PROFEPA	185	193	192
Transferencias a los Estados	3229	3487	3860
Total	8035	9899	10688

Fuente: OCDE "Environmental performance Review: México", 1998

INE y la PROFEPA son las principales organizaciones que regulan las políticas ambientales en México. Estos organismos se describen a continuación.

[Escribir texto]

2.2.2a.1 INE

INE es el Centro de Administración Ambiental del país cuya responsabilidad principal es asegurar la conservación y restauración del ecosistema y su desarrollo y utilización sustentable. Para estos propósitos, el INE evalúa las políticas ambientales de la nación, formula legislaciones en referencia a estos aspectos como recursos naturales, ecología, sanidad ambiental y residuos peligrosos; promueve el establecimiento de sistemas de información ambiental incluyendo monitoreo e inventarios de vida animal; evalúa reportes de EIA (Evaluación de Impacto Ambiental); instrumenta los programas de restauración ecológica. Esta formada por 6 departamentos.

- Departamento Regional de Coordinación y Conservación Natural.
- Dirección General de Vida Silvestre.
- Dirección General de Información y Políticas Ambientales.
- Dirección General de Residuos, Substancias y Trabajos Peligrosos.
- Dirección General de Protección al Ambiente y de Impacto Ambiental.
- Dirección General de Regulación Ambiental.

2.2.2a.2 PROFEPA

La PROFEPA es responsable de la aplicación de las leyes ambientales por medio de sus actividades como la inspección sanitaria a generadores estacionarios de contaminación, dando órdenes a los contaminadores de mejorar sus instalaciones y penalizándolos en caso de violación.

Una nueva tendencia de control ambiental se observa en las auditorías ecológicas que se llevan a cabo por medio de acuerdos voluntarios entre sectores industriales y la PROFEPA. Alrededor de 800 auditorías se llevaron a cabo durante 1992-1997. Con esto se esperaba establecer planes de acción para instrumentar y mejorar la actuación de las industrias para el medio ambiente y llevar a las empresas a cumplir con el ISO 14000.

Con relación a las inspecciones, que es su principal responsabilidad, la PROFEPA llevó a cabo 68000 visitas de una tendencia en aumento en los años recientes, con el fin de averiguar e inspeccionar sobre el cumplimiento de las leyes ambientales, regulaciones y estándares. El número de empresas que fueron forzadas a cerrar por una sanción fue de 992 en 1992, y en 1997 se redujo a 233.

Otro reto de la PROFEPA es de recibir las quejas del público en general acerca del medio ambiente. El número de quejas se ha ido incrementando con los años, mostrando un aumento de las demandas de un mejor ambiente considerando el incremento de las regulaciones de conformidad con lo mencionado arriba.

2.2.2b. Organizaciones Ambientales en los Estados y Municipios

Uno de los principales objetivos de las enmiendas a la LGEEPA en 1996 fue el de introducir la descentralización definitivamente por la asignación de responsabilidades de dirección ambiental entre la Federación, Estados y Municipios.

La SEMARNAP habilita a gobiernos estatales, departamentos ambientales estatales o a organizaciones no gubernamentales con responsabilidades específicas a que promuevan la descentralización. Esto se realiza tomando en cuenta la competencia de partidos locales en términos de mano de obra, presupuesto y conocimiento. En otras palabras, la escasez de capacidad de instauración puede a menudo dificultar el proceso de descentralización.

[Escribir texto]

2.2.2b.1 Organizaciones Ambientales en los Estados.

Las políticas ambientales a nivel nacional influyen significativamente a las estatales. La estructura administrativa de las delegaciones, de cualquier forma, varía reflejando las características de cada estado.

Cada estado está obligado a ejercer su propia ley ambiental basada en las condiciones y características del medio ambiente local dentro de su jurisdicción, como la LGEEPA estipula. Es también titular de los estados el establecer arreadse protección natural y el monitoreo del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas. En cuanto al MRS, los estados están obligados a regular el sistema de recolección, almacenaje, transporte, manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos y residuos industriales no peligrosos, siguiendo las NOMs de la Federación en los sitios para su selección, diseño construcción y operación de la disposición final para los residuos municipales (LGEEPA Artículo 137). Otro papel importante de ellos es el de evaluar el impacto ambiental dado por los proyectos que no son especificados en el reglamento general referente a EIA.

De cualquier manera el cumplimiento legislativo de las organizaciones estatales se dificulta por el corto presupuesto designado a la administración ambiental y a la poca prioridad otorgada a los asuntos ambientales. Una falta de continuidad en políticas ambientales debido al cambio constante de personas ejecutantes de decisiones en cada elección dificulta la conducción de programas consistentes.

Cada estado tiene su propia secretaría ambiental. En el Estado de México, es la Secretaría de Ecología. La interpretación de "Ambiente" de la Secretaría de Ecología del estado de México considera desde el ambiente natural hasta un ambiente de vida, incluyendo el tema de residuos sólidos.

2.2.2b.2 Organizaciones Ambientales en los Municipios.

En el caso de los estados, las municipalidades son libres de elegir su propia legislación ambiental dentro de su jurisdicción. Además están tomando las responsabilidades de infraestructura de servicio urbano tales como suministro de agua potable, alcantarillado así como manejo de residuos en el sentido de la recolección de basura. La escasez de recursos humanos y financieros en la mayoría de las municipalidades, hace difícil la tarea de manejo ambiental. No existe continuidad en las políticas ambientales debido al cambio de administración cada 3 años y esto impide el correcto y eficiente cumplimiento de las políticas ambientales.

2.2.2b.3 Administración Ambiental en el GDF.

La Secretaría del Medio Ambiente del GDF supervisa los asuntos ambientales dentro de la Ciudad de México. Sus responsabilidades son una combinación de los mismos en los estados y municipalidades, específicamente la formulación de regulaciones sobre contaminación del aire, contaminación del agua y residuos, investigación y desarrollo, control y manejo de la contaminación, aplicación de la evaluación sobre impacto ambiental, introducción de sistemas de monitoreo para sustancias contaminantes y la promoción de programas de educación ambiental. Es significativo que, de acuerdo a la legislación, también debe tener las responsabilidades de promover y controlar la reducción, reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en cooperación con la Secretaría de Obras y Servicios. De hecho la Secretaría del Medio Ambiente no está facultada con la

[Escribir texto]

autoridad: la Secretaría de Obras y Servicios a través de la DGSU, tiene la responsabilidad práctica del Manejo de Residuos Sólidos, como se describió anteriormente.

Reportes de la OCDE muestran que el gasto total en materia de Medio Ambiente representa 8% del presupuesto del GDF.

2.2.2b.4 Organizaciones Regionales.

Existen cuatro Consejos de Consulta Regional que involucran al gobierno, el sector privado, organizaciones de la comunidad y académicas. Los consejos cubren los aspectos de:

- Estrategia y legislación nacional y municipal;
- Educación, entrenamiento, ciencia, tecnología y diseminación de información;
- Áreas naturales protegidas; y
- Desarrollo sustentable y pobreza.

En cuanto al área metropolitana, la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), se estableció en 1996 para coordinar los aspectos del cruce de límites ambientales entre el gobierno nacional (SEMARNAP), Gobierno del Estado de México y el GDF. Los miembros incluyen: dentro del Gobierno Central, Secretaría de Gobernación; Hacienda y Crédito Público; Desarrollo Social; SEMARNAP; Energía, SECOFI; Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; Comunicaciones y Transportes; Control y Desarrollo Administrativo; Educación Pública; y Salud. El Gobernador del Estado de México y la Secretaría de General del Gobierno del Estado de México, así como el gobernador del DF también toman parte en la comisión. Además, hay otros participantes privados como: Petróleos Mexicanos, Instituto Mexicano del Petróleo, Comisión Federal de Electricidad, División Refinería de PEMEX y la Petroquímica Básica. La comisión tiene diversas secciones que trabajan en asuntos específicos, uno de los cuales es manejo de residuos.

Las actividades prácticas del CAM son llevadas por grupos de trabajo dedicados a tópicos específicos que son:

- Planeación ambiental y conservación ecológica.
- Educación ambiental y desarrollo de capacidades.
- Calidad del aire.
- Calidad del agua.
- Calidad del suelo y subsuelo así como manejo de residuos.
- Recursos naturales y áreas protegidas.
- Ruido, vibraciones, energía térmica, luz y olores

Cada uno de esos grupos de trabajo tienen un coordinador designado por la Secretaría Técnica del CAM que supervisa las actividades del grupo. Sin embargo, como comisión en general, sus ejecuciones aunque están basadas en materia ambiental, por sentido estrecho no le dan una prioridad a los problemas de desecho.

2.2.2c. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

El principal estatuto ambiental está dado por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Esta ley introdujo varios elementos clave en las políticas ambientales de México incluyendo la evaluación del impacto ambiental. La LGEEPA fue la primera adoptada en 1988 para reemplazar la Ley de Protección al Ambiente (1982) y grandemente enmendada en diciembre de 1996 a fin de devolver las responsabilidades ambientales a los estados y municipios, estableciendo el derecho a tener

[Escribir texto]

acceso a la información ambiental y a modernizar las regulaciones ambientales, por ejemplo, introduciendo la tecnología de información y creando inventarios de contaminadores.

La LGEEPA tiende a crear fundamento para el equilibrio, desarrollo y protección, recuperación, y mejoramiento al ambiente. Para este propósito requiere la utilización de recursos naturales sin el deterioro del ambiente, armonización del desarrollo económico, actividades sociales y de conservación ecológica, control del agua, contaminación del aire y suelo, y un mecanismo que facilite la cooperación y coordinación entre organismos administrativos, sector social, sector privado y del público en general.

En relación al Manejo de Residuos Sólidos, la LGEEPA, propone las bases para esto, presentando las definiciones de residuos y residuos peligrosos como los siguientes:

Residuo: Cualquier material generado en el proceso de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el punto que se generó.

Residuos Peligrosos: 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 ambiente.

2.2.2d. Normas Oficiales Mexicanas (NOMs)

Las Normas Oficiales Mexicanas son las normas nacionales que tienen el poder en México. Cualquier cuerpo estatuido tiene la obligación de asegurar el cumplimiento de las NOMs ya sea por individuales o por entidades. En el campo ambiental, existen 5 NOMs por metodología de laboratorios para monitoreo del aire, 11 para fuentes estacionarias de contaminación de aire, 10 para fuentes móviles de contaminación del aire, 9 para residuos sólidos, 4 para recursos naturales, 4 para ruido y 2 para el agua.

2.2.2d.1 NOMs para el Agua.

Anteriormente había 44 NOMs para el control del agua y que se basaban en emisiones sectoriales y límites de descarga que aplicaban en todo el país sin especificar las condiciones locales. Recientemente, se integraron y redujeron a solo tres, como resultado de la asimilación de las capacidades y entendimiento de los medios receptores ambientales, así como el reconocimiento del uso de agua propuesto. La descarga de agua en cuerpos acuáticos utilizados con fines potables debe cumplir normas muy estrictas; mientras que para descarga de aguas en cuerpos acuáticos con uso industrial, pueden aplicarse estándares menos estrictos. Por consiguiente, la NOM-001-1996 establece los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes de acuerdo a las características del cuerpo de agua recipiente. La NOM-002-ECOL-1996 establece los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes en las descargas de aguas residuales que se descargan en los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, mientras que la NOM-003-ECOL-1997 fija los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes en las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios públicos.

2.2.2d.2 NOMs para el Aire.

En referencia a la contaminación del aire, la cual puede ser causada por los proyectos de Manejo de Residuos Sólidos, se deben subrayar dos cosas. Primero, no hay NOMs que especifiquen la calidad satisfactoria del aire en todo el país. Todas las NOMs acerca de la

[Escribir texto]

contaminación del aire por fuentes estacionarias limitan solamente la concentración de contaminantes “al final de los conductos”. Segundo, las fuentes de contaminación del aire a las cuales se están enfocando más las NOMs son en su mayoría industrias como las plantas de cemento y las refinerías de petróleo. Las excepciones son 2 NOMs de proceso de combustión, que son aplicables a incineradores de residuos. En consecuencia, ninguna de las NOMs puede ser usada para controlar la contaminación del aire de otros tipos de instalaciones para el Manejo de Residuos Sólidos tales como sitios de disposición final y plantas de composta.

2.2.2d.3 NOMs de Residuos.

De las 9 NOMs sobre residuos, una de éstas se refiere a los sitios de disposición final de residuos sólidos de los municipios, otra, respecto a los residuos de los medicamentos, y otra, a los residuos peligrosos, de tal manera que las primeras dos NOMs son de básica importancia para el presente trabajo.

NOM-083-ECOL-1996 establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. Incluye los siguientes aspectos:

- Aspectos generales, como la distancia de las instalaciones públicas y áreas pobladas.
- Hidrología
- Geología
- Geohidrología

También describe el estudio de los procedimientos para cada uno de los aspectos mencionados arriba.

NOM-087-ECOL-1995 regula los requerimientos para la separación, empaque, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos biológico-infecciosos y peligrosos generados en las instituciones medicas. A pesar que la SEMARNAP tiene la última responsabilidad el correcto cumplimiento de esta norma, se le debe prestar atención a la misma cuando en las instalaciones municipales acepten residuos médicos tratados.

2.2.2e. Regulaciones.

La LGEEPA se complementa con diversas regulaciones en asuntos como los siguientes:

- Prevención de la contaminación del agua.
- Prevención de la contaminación de mares.
- Prevención de la polución de ruido.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Residuos peligrosos.
- Prevención y control de la contaminación generada por los vehículos automotores que circulan por el DF y los municipios de la zona conurbada.
- Prevención de la contaminación del aire.
- Transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- Parques nacionales e internacionales.

Como se aprecia, los residuos no peligrosos, ya sean de casas o industrias, no son regulados por niveles federales, aunque NOM-083-ECOL-1996 marca los estándares

[Escribir texto]

nacionales para los sitios de disposición final municipales que se deben cumplir en todo el país

Además de las regulaciones gubernamentales, las industrias tienden a favorecer la firma de acuerdos voluntarios de medio ambiente con el gobierno. Estos acuerdos voluntarios estipulan, por ejemplo, el monitoreo de los niveles de emisión que pueden ser más estrictos incluso que los que imponen las NOMs. Con ello, la industria puede obtener la aceptación de la ciudadanía y facilitar la instrumentación del proyecto. De cualquier manera, no se han reportado ejemplos de tales acuerdos voluntarios en relación al manejo de residuos.

2.2.2e.1 Regulaciones de la EIA a Nivel Federal.

2.2.2e.1.1 Procedimiento y Alcance.

La LGEEPA y las regulaciones de la EIA definen las áreas del proyecto para las cuales la EIA deben ser revisadas por el INE y la SEMARNAP. Estos en general son los siguientes:

- Obra pública federal.
- Obras viales.
- Obras hidráulicas.
- Oleoductos, gasoductos y carbo ductos.
- Industrias químicas, petroquímica, siderúrgica, papelera, azucarera, de bebidas, del cemento, automotriz y de generación y transmisión de electricidad.
- Exploración, extracción, tratamiento y refinación de recursos minerales.
- Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos.
- Uso y desarrollo de bosques.
- Desarrollos turísticos federales.
- Obras o actividades que por su naturaleza y complejidad requieren de la participación de la SEMARNAP, a petición de las autoridades estatales o municipales correspondientes.
- Actividades consideradas altamente peligrosas.
- La obra o actividad que pueda afectar el equilibrio ecológico de dos o más entidades federativas o de otros países o zonas de jurisdicción internacional.

La regulación no especifica la magnitud de los proyectos que son objeto del procedimiento de EIA. En su lugar, requiere de propuestas para el proyecto que presenten un informe preventivo que describa las características de los proyectos planeados.

En el plazo de 20 días, el INE revisará el informe preventivo para determinar si se requiere o no el procedimiento de EIA.

El procedimiento de regulaciones de la EIA tiene tres categorías: generales, moderadas y especiales, de acuerdo a la naturaleza del proyecto en cuestión. La categoría de General de EIA es el estilo básico, las Moderadas se aplican para proyectos en los cuales se pueden causar severos impactos ambientales si no se toman precauciones; y las Especiales son específicamente empleadas para proyectos más complejos. Después del análisis del informe preventivo, se le pedirá al proponente del proyecto que lleve a cabo alguna de las EIA. Existen guías establecidas por la SEMARNAP acerca de los contenidos de reportes de EIA para cada categoría. Los reportes de EIA son recibidos por el INE y la decisión se manifiesta en el plazo de 60 a 120 días dependiendo de la complejidad del

[Escribir texto]

proyecto y de la necesidad del INE de pedir opinión a otras autoridades. Como resultado de la revisión de las características generales de EIA, el INE puede requerir de los procedimientos Moderado o Específico de EIA. En dicho curso la decisión final será alguna de las siguientes:

- Aprobación
- Aprobación condicional
- Rechazo

Muy pocos proyectos obtienen aprobación inmediata, en términos generales 4/5 de los proyectos obtienen aprobación condicional con modificaciones tales como el diseño o la ejecución de medidas mitigadas y el resto son rechazados.

Debe notarse que el INE espera reordenar la categorización del procedimiento de EIA para ser presentado durante 1998. De acuerdo a esto, habrá dos tipos de EIA, Local y Regional. El Local se refiere a proyectos que se lleven a cabo individualmente, mientras que el Regional concierne a aquellos proyectos con largo alcance y que suelen incorporar más de un proyecto deferente.

Como ya se mencionó antes la EIA, para los proyectos de residuos sólidos no peligrosos, no es obligatoria por ser parte de la jurisdicción del INE que pertenece a las regulaciones de EIA. Ese no es el caso, si el proyecto se planea en áreas protegidas con especial valor ecológico para los estados o municipios, se requiere la intervención de la SEMARNAP en el procedimiento de EIA. Esto se debe simplemente a que cualquier tema respecto al manejo de residuos sólidos, ya sea en términos de servicios urbanos o impacto ambiental, es manejado por los estados, los municipios o el DF.

El INE evalúa los reportes de EIA tomando en cuenta lo siguiente:

Conservación ecológica.

Declaraciones de las áreas protegidas.

Criterios de protección ecológica para la flora y la fauna silvestres, utilización racional de los recursos naturales y protección al medio ambiente.

Regulaciones ecológicas para los asentamientos humanos.

Otras regulaciones y normas técnicas y ecológicas tomadas en cuenta por la LGEEPA.

2.2.2e.1.2 Logros.

El Departamento de Impacto Ambiental dentro del INE cuenta con absoluta responsabilidad de hacerse cargo de las EIA a nivel nacional.

El número de actividades sujetas a la EIA aumentó por las enmiendas de 1996 de la LGEEPA. De acuerdo con el Programa de Trabajo de 1998, manifestado por la SEMARNAP, más de 1000 proyectos siguieron las regulaciones de EIA en 1997.

En el programa de 1998 de la SEMARNAP señaló la necesidad de aumentar la eficiencia de las evaluaciones. Para este propósito, se establece que para la reducción de tiempo para procesar los procedimientos y para responder a los solicitantes, se tienen que actualizar los marcos regulatorios y mejorar la descentralización, la cooperación y coordinación interna.

A fin de acelerar el procedimiento, parte de las funciones de SEMARNAP en relación a los reportes de evaluación y prevención, fueron delegadas a cargo de todas las delegaciones de la SEMARNAP en 1997. La SEMARNAP así mismo considera que su responsabilidad de revisar los reportes de EIA será transferida gradualmente a sus delegaciones.

[Escribir texto]

2.2.2e.1.3 Participación Pública.

Los proponentes de proyectos están obligados a divulgar la información de estos a través de los medios de comunicación de acuerdo a las regulaciones de EIA. Estas además garantizan el derecho que cualquier persona tiene de expresar su opinión o sugerencias acerca de los proyectos propuestos a lo largo del proceso de revisión. Hay diversos ejemplos de que el INE recibió quejas en contra de los proyectos de residuos peligrosos. Si es necesario, el INE lleva a cabo una reunión de consulta pública para dar la oportunidad de aclaración y entendimiento entre los proponentes del proyecto y el público en general. La experiencia del INE, hasta ahora deduce que la razón principal para la desconfianza de la población acerca de los proyectos de compatibilidad ambiental, se debe frecuentemente a la falta de información relevante. Proporcionando información suficiente, se resuelve la mayoría de los conflictos.

2.2.2e.2 Regulaciones de la EIA a Nivel Nacional.

La LGEEPA asegura que las autoridades locales del medio ambiente pueden establecer su propio código de regulaciones. La EIA de los Estados tiende a ser una réplica de la Federal, aunque la ejecución de su EIA se ve afectada frecuentemente por la falta de competencias técnicas, recursos humanos y financieros. A continuación se describe el sistema de EIA adoptado en el Estado de México como una muestra a nivel estatal.

Los requerimientos de EIA para el desarrollo de proyectos es otorgado por la Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. Los detalles de la EIA son establecidos posteriormente por el Reglamento de la Ley de Protección Ambiental del Estado de México, en Materia de Impacto y Riesgo Ambiental.

De acuerdo a esta regulación la Secretaría de Ecología del Estado de México es responsable de la EIA. Los proyectos de las siguientes categorías, entre otros, son sujetos del procedimiento de EIA del estado.

- Instalación y operación de centros de confinamiento o tratamiento de residuos hospitalarios o industriales de competencia del estado.
- Instalación y operación de estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y sitios para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Durante el proceso de EIA, los municipios deben estar involucrados mediante un acuerdo de coordinación.

El procedimiento de EIA empieza con la presentación del llamado reporte preventivo, que debe contener suficiente información para que las autoridades identifiquen el tipo de actividades del proyecto. La autoridad revisará el reporte y determinará en un plazo de 15 días hábiles si el reporte de EIA (y si es necesario el estudio de riesgo), deberá, o no, prepararse.

Después de recibir el reporte de EIA (y el estudio de riesgo), la autoridad tiene que revisarlo y dar sus conclusiones dentro de los 60 días hábiles siguientes, y 30 días más si es que se necesita la opinión de otras autoridades. En el caso del sistema federal de EIA, la decisión será de Aprobación, Rechazo o Aprobación Condicional con modificación del proyecto.

Los aspectos a examinarse requieren incluir, como mínimo, en el reporte preventivo: el reporte de EIA y el reporte del estudio de riesgo, listados en la misma regulación.

[Escribir texto]

Los proponentes de los proyectos deben publicar la información sobre impacto al medio ambiente, con el fin de garantizar oportunidad al público en general de estar bien informados sobre el proyecto para que puedan expresar su opinión.

[Escribir texto]

CAPÍTULO 3

MÉTODO CONSTRUCTIVO DE LOS RELLENOS SANITARIOS

Objetivo: Conocer el proceso constructivo de los rellenos sanitarios para que se diseñen de tal forma que no afecten adversamente a la ecología, y a la sociedad humana.

Introducción:

La generación de los residuos sólidos municipales aumenta en relación directa del incremento de la población. La aplicación de una metodología adecuada para efectuar la disposición final de los residuos sólidos municipales coadyuvará de manera importante a la protección del ambiente. Para las condiciones actuales del país, el relleno sanitario es la técnica más apropiada para la disposición final de los residuos sólidos generados en los distintos asentamientos humanos.

Norma oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a los residuos sólidos municipales.

Criterios de Diseño

El relleno sanitario es el método de ingeniería recomendado para la disposición final de los residuos sólidos municipales, los cuales se depositan en el suelo, se esparcen y se compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con una capa de tierra, al término de las operaciones del día.

La Sociedad Norteamericana de Ingenieros Civiles, ASCE, define: “Relleno sanitario es una técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicios al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública; este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriendo la basura así depositada con una capa de tierra con la frecuencia necesaria o por lo menos al final de la jornada”.

Como obra de ingeniería, el relleno sanitario debe ser construido elaborando un proyecto para atender determinados objetivos generales y específicos. El objetivo general es la disposición final o permanente de los residuos sólidos municipales en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas. Como objetivo específico, podría citarse la recuperación de ciertas áreas.

De la misma forma que otras obras, el relleno sanitario, debe realizarse a partir de un proyecto que cumpla con leyes, reglamentos, normas y métodos de construcción apropiados.

El criterio para diseñar el relleno sanitario se basará en los siguientes factores:

- 3.1** Tipo de terreno.
- 3.2** Selección del sitio.
- 3.3** Geohidrología.
- 3.4** Mecánica de suelos.
- 3.5** Especificaciones técnicas para la realización de los estudios topográficos para los distintos tipos de terreno.
- 3.6** Cálculo de la vida útil.
- 3.7** Diseño de la celda diaria.
- 3.8** Diseño de franjas.
- 3.9** Diseño de capas.

- 3.10 Materiales de cubierta.
- 3.11 Movimiento de tierra.
- 3.12 Impermeabilización y control de líquidos percolados.
- 3.13 Pozos de monitoreo.
- 3.14 Sistema de captación de biogás.
- 3.15 Sistema de captación de agua de escurrimiento.
- 3.16 Obras complementarias.
- 3.17 Equipo mecánico.
- 3.18 Gerenciamiento.
- 3.19 Manual de operación.
- 3.20 Especificaciones complementarias.

3.1. Tipo de Terreno.

Existen a grandes rasgos cinco diferentes perfiles de terreno que por sus características se presentan para la construcción y operación del relleno sanitario, y por su topografía se clasifican en:

Plano: es aquel terreno en el que se presentan pequeñas pendientes como las mesetas y las llanuras (0 a 5% de pendiente).

Ondulado: se consideran terrenos ondulados aquellos en que la pendiente no es continua, presentando partes planas y partes con pendiente media como son los valles (5 a 10% de pendiente).

Escarpado: presentan una pendiente muy fuerte (mayores del 10%) como montañas. Cerros y cañadas, etc.

Banco de material de préstamo abandonado: es aquel terreno que se usó como banco de material y presenta grandes oquedades u hoyancos que pueden ir desde 5 a 15 metros de profundidad, o incluso más.

Combinado: es aquel que presenta dos o más variantes de los terrenos arriba descritos.

El procedimiento de construcción y método de relleno sanitario se seleccionará una vez conocido el perfil del terreno disponible; que podrá ser de trinchera, área y/o combinación de ambos.

3.1.1 Método de Trinchera.

Consiste en depositar los residuos sólidos sobre el talud inclinado de la trinchera (talud 1:3), donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas, hasta formar una celda que después será cubierta con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día, esparciéndolo y compactándolo sobre el residuo.

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra. Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlos y desviarlos e incluso proveerlos de drenajes internos. En casos extremos, puede requerirse el bombeo del agua acumulada. Las paredes longitudinales de las zanjas tendrán que ser cortadas de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

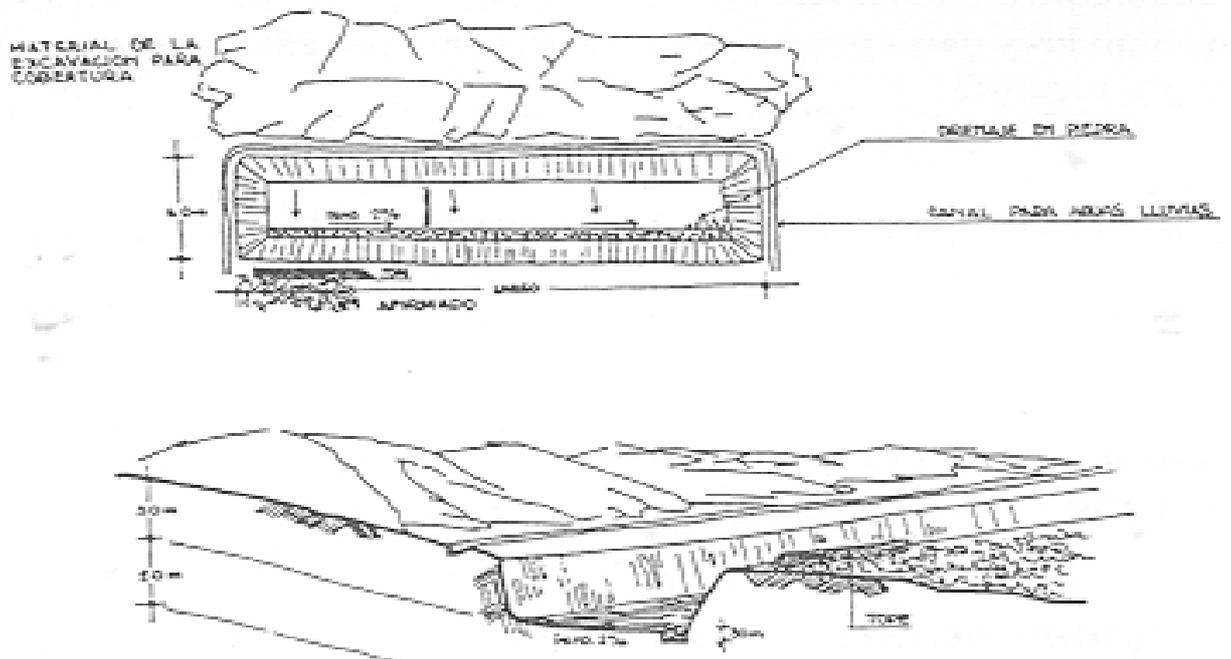


FIGURA 3.1 Método de zanja o trinchera



Figura 3.2 Método de trinchera para construir un relleno sanitario

Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimiento de tierras.

3.1.2 Método de Área.

El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas de 60 cm. para formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en le otro extremo.

Este método puede utilizarse en cualquier tipo de terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénegas contaminadas; un punto importante en este método es que, para que el relleno sea económico, es que el material de cubierta sea transportado de lugares cercanos a este.

Para que se cumpla la condición de ser relleno sanitario, al finalizar el trabajo diario se deben cubrir las celdas para evitar:

- La proliferación de la fauna nociva.
- Que los malos olores invadan todo el sector.
- Que los residuos sean llevados por el viento fuera del relleno.

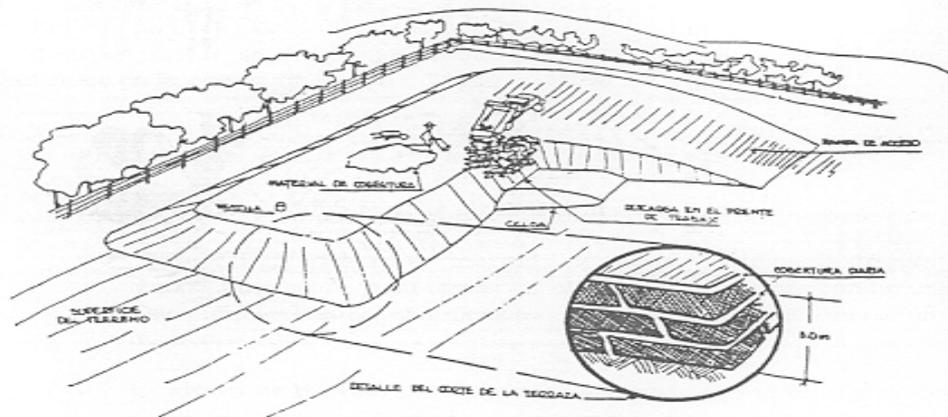


FIGURA 3.3 Método de área para construir un relleno sanitario

Antes de 1998, la compactación de residuos en el relleno sanitario se realizaba utilizando un tractor sobre orugas. A partir de la administración del Ing. Cárdenas, la compactación de los residuos se realiza utilizando un equipo especializado marca BOMAC, modelo BC 671, con un peso de 32 toneladas y un motor de 350 h.p. El Gobierno del Distrito federal posee dos unidades de estos equipos y con ellos se alcanza una compactación de 1,000 kilogramos por metro cúbico y un rendimiento de 320 toneladas por hora de residuos compactados con cada equipo.

(http://www.obras.df.gob.mx/servicios_urbanos/index.html)



FIGURA 3.4 Equipo Especializado Para la Compactación de Residuos

3.1.3 Método Combinado

En algunos casos, cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo, se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método del área en la parte superior.

Otra variación del método combinado consiste en iniciar con un método de área, excavando el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual también servirá para ser rellena.

Los métodos combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista este en el sitio) y aumenta la vida útil del sitio.

3.2. Selección del Sitio Para el Relleno Sanitario

En 1994, en México existían en operación 14 rellenos sanitarios y pocos cumplían los requerimientos técnicos necesarios.

Las condiciones ideales que debe reunir el sitio para utilizarlo como un relleno sanitario son las siguientes:

- Ser de fácil y rápido acceso para los camiones recolectores.
- Permitir su utilización por largo plazo, de preferencia superior a diez años
- Contar con una topografía tal que permita un mayor volumen aprovechable por hectárea.
- Tener condiciones y características tales, que se protejan los recursos naturales.

- Estar localizado de modo que el relleno sanitario no sea rechazado por la población, debido a molestias por la operación del mismo.
- Ofrecer tierra para cobertura, en cantidad y calidad adecuada, dentro de las cercanías del sitio.
- Tener en regla todo lo relacionado con el uso y tenencia de la tierra.

Rara vez se encuentran en un terreno todas estas condiciones. El técnico debe clasificar los terrenos que reúnan buenas características, analizando sus inconvenientes en función de los recursos técnicos y económicos disponibles para utilizarlos, estableciendo un orden de preferencias para cada sitio.

Es conveniente realizar una preselección considerando tres o más sitios viables para que los técnicos responsables del proyecto hagan la evaluación y selección final de uno de ellos; el tiradero existente deberá estudiarse como un sitio alternativo que puede transformarse en un relleno sanitario.

La selección del sitio es un proceso que deberá tomar en cuenta dos aspectos: El técnico y el de tenencia de la tierra.

3.2.1 Aspectos Técnicos Para la Selección del Sitio

A continuación se enumeran algunos de los aspectos técnicos más importantes para la selección del sitio:

3.2.1.1 Vida Útil del Sitio.

El sitio deberá tener una extensión tal que, estimada una rasante de proyecto terminado, se tenga un volumen que pueda recibir desechos sólidos para cuando menos 10 años de operación del relleno sanitario.

Para el cálculo de este volumen deberá tomar en cuenta la proyección futura de la población y el índice de generación.

3.2.1.2 Tierra Para Cobertura.

El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en tierra necesaria para su construcción como sea posible.

Si el sitio no contara con tierra suficiente o no se pudiera excavar, deberán investigarse bancos de material para cobertura en lugares próximos y accesibles, tomando en cuenta el costo de transporte.

3.2.1.3 Topografía del Sitio

El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea, como puede ser el caso de minas abandonadas a cielo abierto, inicio de cañadas, ciénegas contaminadas y otros.

3.2.1.4 Vías de Acceso.

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afecta el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando los vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia de la mancha urbana y bien comunicado por carretera, o bien con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

3.2.1.5 Vientos Dominantes.

La ubicación del sitio deberá seleccionarse de tal manera que los vientos dominantes soplen en sentido contrario a la mancha urbana con el fin de evitar los malos olores; aunque si el relleno sanitario opera correctamente, el factor “viento dominante” puede despreciarse.

3.2.1.6 Ubicación del Sitio.

Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo es preferible ubicar el sitio fuera de la mancha urbana, previendo que al final de la vida útil del relleno este se pueda usar como área verde.

Se recomienda que la ubicación del sitio del relleno sanitario esté cercano a la mancha urbana 5 a 10 kilómetros máximo ya que se reducen los costos de transporte y se asegura que los problemas operativos (ruidos o malos olores, etc.) no afectarán a la misma.

3.2.1.7 Geología.

Un contaminante puede penetrar en el suelo y llegar al acuífero contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) del sitio para el relleno sanitario.

Los suelos sedimentarios con características areno-arcillosas son las más recomendables ya que son suelos poco permeables, por lo cual, la infiltración de líquido contaminante se reduce considerablemente.

Por otra parte el tipo de suelo es lo suficientemente manejable para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

3.2.1.8 Geohidrología.

Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos.

Por eso es muy necesario realizar un estudio geohidrológico para conocer la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, así como la dirección y velocidad del escurrimiento o flujo de la misma.

Se deben solicitar datos geohidrológicos de la región a la dependencia correspondiente, con lo cual es factible que no sea necesario realizar el estudio.

La decisión de realizarse o no el estudio la deberá dar un técnico especialista en la materia.

3.2.1.9 Hidrología Superficial.

Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base, es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

3.2.2 Tenencia de la Tierra.

En cualquier hipótesis, un proyecto de relleno sanitario deberá iniciarse solamente cuando la entidad responsable del relleno (Municipio), tenga en sus manos el documento

legal que autorice a construir sobre el terreno el relleno sanitario con todas las obras complementarias, estipulando también el período y la utilización futura u opciones.

Es muy usual que el Municipio obtenga de particulares, el arrendamiento del terreno para el relleno sanitario. En caso de que esto suceda será necesario contar siempre con un convenio o contrato firmado y debidamente legalizado por ambas partes.

Cuando el terreno sea propiedad del Municipio, este deberá quedar debidamente registrado en el catastro de la propiedad, señalando que será de uso restringido.

3.2.3 Factores de Evaluación para la Selección del Sitio.

Las tablas 3.3.1 y 3.3.2 se incluyen con el fin de presentar un criterio práctico y sencillo para evaluar, por medio calificativo, a los diferentes sitios viables que se presentan en la selección del sitio para un relleno sanitario.

3.2.3.1 Descripción de las Tablas.

En la tabla 3.1 se presentan los factores que se deben considerar para evaluar la selección del sitio.

En la tabla 3.2 se considera un cierto valor a cada uno de los conceptos que influyen en la selección. Este valor se ha determinado de acuerdo a la importancia que tiene cada uno de ellos y se les ha asignado una cantidad en la columna de valores. En las columnas de opciones aparecen los siguientes conceptos:

EXCELENTE	1.00
BUENA	0.85
REGULAR	0.70

Al multiplicar cada concepto por su columna de valores correspondiente se tendrá un resultado; el sitio que tenga la suma más alta de estos resultados, será la mejor opción para el relleno sanitario.

TABLA 3.1**FACTORES DE EVALUACIÓN PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO**

CONCEPTOS QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL SITIO	OPCIONES		REGULAR
	EXCELENTE	BUENA	
Vida útil	Mayor de 10 años.	5 a 10 años.	Menor de 5 años.
Tierra para cobertura	Autosuficiente	Acarreo cercano.	Acarreo lejano.
Topografía	Minas a cielo abierto abandonadas.	Comienzo de cañadas, manglares contaminados.	Otros.
Vías de acceso	Cercanas y pavimentadas.	Cercanas, transitables.	Lejanas y transitables.
Vientos dominantes	En sentido contrario a la mancha urbana.	En ambos sentidos de la mancha urbana.	En sentido de la mancha urbana.
Ubicación del sitio	De 3 a 12 Km. De la mancha urbana.	Entre 1 y 3 Km. De la mancha urbana.	Menor de 1 Km. Y mayor de 12Km. de la mancha urbana.
Geología	Impermeables.	Semi-impermeables.	Permeables
Geohidrología	Más de 30m. de prof. (manto acuífero).	Entre 10 y 30 m. de profundidad.	Menor de 10 m de profundidad.
Hidrología superficial	No hay corrientes superficiales.	Lejano de corrientes superficiales.	Cerca de corrientes superficiales.
Tenencia de la tierra	Terreno propio.	Terreno rentado a largo plazo.	Terreno rentado a corto plazo.

TABLA 3.2**TABLA DE VALORES PARA LA SELECCIÓN DE UN SITIO**

CONCEPTOS QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL SITIO	OPCIONES			
	VALORES	EXCELENTE 1.00	BUENA 0.850	REGULAR 0.700
Vida útil	1.000	1.00	0.850	0.700
Tierra para cobertura	0.700	0.700	0.595	0.490
Topografía	0.200	0.200	0.170	0.140
Vías de acceso	0.250	0.250	0.212	0.175
Vientos dominantes	0.050	0.050	0.042	0.035
Ubicación del sitio	0.400	0.400	0.340	0.280
Geología	0.400	0.400	0.340	0.280
Geohidrología	0.400	0.400	0.340	0.280
Hidrología superficial	0.300	0.300	0.255	0.210
Tenencia de la tierra	0.700	0.700	0.595	0.490
Total	4.400	4.400	3.739	3.080

3.3 Geohidrología.

3.3.1 Antecedentes.

Es muy importante contar con un estudio geohidrológico con el fin de verificar datos previos y proveer información detallada para el diseño.

El primer requerimiento básico es el conocimiento más profundo de los suelos y la geología, que es realizada en la selección del sitio. Un buen geólogo (preferentemente con conocimientos de hidrología subterránea), debe ser contratado para examinar el sitio, elaborar un programa de pozos de monitoreo y obtener la información detallada sobre las condiciones geológicas del lugar.

Con la información resultante del estudio se podrán conocer aspectos importantes para el diseño del relleno sanitario como, lo es el flujo de agua subterránea, ya que puede sufrir efectos en la calidad por el probable lixiviado que se pudiera filtrar del relleno y así contaminar agua susceptible de ser aprovechada o que ya es usada para abastecimiento de agua potable. Esto representa altos costos que deben evaluarse.

3.3.2 Objetivo Principal.

El objetivo principal del estudio geohidrológico es la localización de los mantos acuíferos, así como su gasto de escurrimiento, velocidad, dirección de movimiento y los cortes estratigráficos de los suelos, de tal manera que se cuente con información acerca de la disponibilidad de tierra para cobertura y sus características geológicas, las cuales nos

ayudarán a conocer el volumen disponible de material de cubierta y la línea máxima de excavación en la operación del relleno sanitario.

En algunas ocasiones las limitaciones económicas de los municipios impiden llevar a cabo el estudio geohidrológico completo realizado por especialistas.

Cuando sea posible se deben llevar a cabo los siguientes estudios como mínimo.

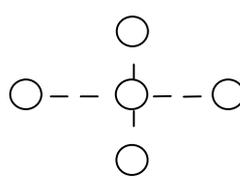
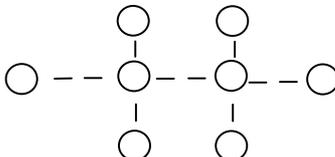
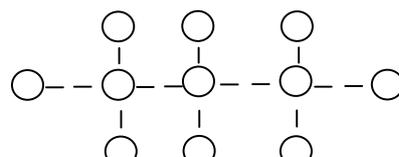
3.3.2.1 Pozos a cielo Abierto y Sondeos.

Se deberán realizar sondeos hasta una profundidad de 20 metros o menos si se encuentran materiales impermeables; o bien con pozos a cielo abierto y mayores a 6 metros de profundidad cuando las condiciones lo permitan. El mínimo será cuando se encuentre un estrato impermeable; de estos sondeos y pozos podremos conocer la estratigrafía del suelo y se obtendrá una idea bastante aproximada de las condiciones del sitio como son la profundidad del acuífero, permeabilidad y tipo de material.

Los pozos deberán de cumplir con lo que se establece en la tabla 3.3, en la cual se indica, según el área disponible, el número y la configuración de los pozos a excavar.

La localización de los sondeos, se deberá presentar en un plano general del sitio indicando las características generales de cada uno de ellos, como son: profundidad, equipo empleado, tipo de terreno, etc. Dicho plano deberá incluir sus notas y simbología correspondientes, así como un croquis de localización del sitio; en el mismo plano se deberán incluir los perfiles estratigráficos resultado del estudio en cuestión, así como su trazo en la planta general del sitio, especificando los horizontes del suelo, así como el tipo de clasificación y características generales de ellos obtenido en laboratorio.

TABLA 3.3 REQUERIMIENTO DE POZOS DE INVESTIGACIÓN

ÁREA DEL SITIO (Has)	NÚMERO APROXIMADO	DISTRIBUCIÓN GENERAL
HASTA 5	3	○ — — ○ — — ○
5 - 20	5- 6	
20- 40	8- 9	
MAS DE 40	11- 15	

3.3.2.2 Datos Existentes.

En este punto se deberá investigar en las cercanías, las norias o pozos profundos, o con las autoridades hidrológicas del lugar, el nivel de aguas freáticas, de tal manera que se obtenga una información lo más aproximada al sitio en cuestión; pero si existe alguna duda importante, será necesario llevar a cabo un estudio geohidrológico o seleccionar otro sitio para el relleno sanitario.

3.3.3 Ciclo Hidrológico.

Sin duda los procesos que componen el ciclo hidrológico, juegan un papel importante en el diseño y operación de un relleno sanitario; a continuación se describen estos procesos y su influencia en el diseño y operación de un relleno sanitario.

3.3.3.1 Precipitación Pluvial.

La precipitación pluvial tiene influencia en el diseño del relleno, ya que el conocimiento de esta, en el sitio seleccionado, será importante para el diseño de los drenajes, el cálculo del volumen de lixiviados que se generará potencialmente, el calculo de escurrimiento superficial y finalmente ayuda en el diseño de las áreas de trabajo en a operación del relleno sanitario. En lo que respecta a la operación del relleno en tiempo de lluvias, puede hacer que el material de cubierta sea más difícil de esparcir y de compactar. Otro problema, es la dificultad en un momento dado que pueda ocasionar el tránsito dentro del sitio.

3.3.3.2 Evapotranspiración.

Del agua que es precipitada sobre la tierra, una gran cantidad es regresada a la atmósfera como vapor, a través de la acción combinada de la evaporación y la transpiración.

3.3.3.2.1 Evaporación.

La evaporación es el proceso por el cual las moléculas de agua en la superficie de ésta o humedad del suelo, adquieren suficiente energía a través de la radiación solar para escapar del estado líquido al estado gaseoso.

3.3.3.2.2 Transpiración.

La transpiración es el proceso por el cual las plantas (y los animales) pierden agua hacia la atmósfera. En muchas regiones es imposible medir separadamente la evaporación de la transpiración, por lo que en la actualidad se le ha dado por llamarlos evapotranspiración.

El proceso de la evapotranspiración interviene también en el cálculo de lixiviado y en los cálculos de evaporación de los mismos, que se tratará más adelante.

3.4 Mecánica de Suelos.

3.4.1 Muestreo.

El muestreo consiste en excavar pozos a cielo abierto con profundidad máxima de 2 metros; en caso de que se hayan realizado sondeos geofísicos, estos se utilizarán para el muestreo de mecánica de suelos. El ancho de estos pozos será el suficiente para que una persona pueda introducirse a sacar muestras (entre 0.8 a 1.5m). Existen dos tipos de muestreo que son, el alterado y el inalterado. A continuación se describen cada uno de ellos.

3.4.1.1 Muestras Alteradas.

Se toma una muestra integrada en forma alterada, de cada uno de los pozos a cielo abierto, estos se harán en cantidad de uno por hectárea, tomándose el sitio más representativo para cada uno de ellos.

El procedimiento para la extracción de muestras alteradas es el siguiente:

Una vez excavado el pozo, se procede a abrir una ranura vertical de sección uniforme de 20 cm. de profundidad y que llegue al fondo del mismo.

Estas muestras se colocan en bolsas de hule, extrayéndoles el aire y con los siguientes datos: banco, fecha, pozo y profundidad.

3.4.1.1.2 Muestras Inalteradas.

Se debe tomar por lo menos una muestra inalterada del sitio por capas, cuyo punto de localización siempre es el centro del terreno elegido para el relleno sanitario.

Las muestras inalteradas siempre deben conservar las condiciones del suelo en su estado natural, por lo que su obtención, empaque y transporte requieren cuidados especiales.

El procedimiento para la obtención, empaque y transporte es el siguiente:

- Se debe limpiar y nivelar el terreno
- Se introduce un tubo muestreador hasta donde el terreno lo permita.
- Se excava alrededor del tubo muestreador para evitar la fricción de la cara exterior del tubo.
- Se introduce el tubo hasta los primeros 25 cm. u horizonte de suelo que se trabaje.
- Se recorta la muestra del suelo por su base y se enrasa al tamaño del tubo
- Se protegen las bases de la muestra con vendas de manta impregnadas con parafina y brea.
- Se empaqueta la muestra en un cajón de madera con aserrín, papel o paja.
- Por último se identifica cada una de las muestras.

Otro modo de obtener las muestras inalteradas es labrar y cortar un cubo de suelo de 15cm por 15cm por 15cm a la profundidad requerida sin golpear ni dañar el cubo; se cubre con vendas de manta impregnadas con parafina y brea, para evitar que pierda humedad. Luego se procede de la manera ya descrita para su manejo y transporte.

3.4.1.2 Análisis de Laboratorio.

Una vez que se tengan las muestras en el laboratorio, se procede a realizar los siguientes análisis:

- Contenido orgánico total.
- Granulometría.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- Límites de consistencia.
- pH.
- Clasificación de suelos.
- Porosidad.
- Humedad.
- Peso volumétrico.
- Permeabilidad.
- Capacidad de carga.
- Compactación Proctor Estándar (*)
- Compresión triaxial (*)

(*) Solo cuando la autoridad lo considere pertinente.

Los resultados de estos estudios deben presentarse en un anexo respaldados inclusive con planos donde se ubiquen los sitios de muestreo, así como las características e información general de los muestreos realizados, complementados con la simbología, claves y notas usuales para este tipo de estudios.

3.4.2 Parámetros.

A continuación se indican algunos de los parámetros más usuales.

3.4.2.1 Porosidad.

La porosidad se expresa como:

$$\text{Porosidad} = \frac{(\text{Vol. Total}) - (\text{Vol. Sólidos})}{\text{Vol. Total}} * 100$$

La porosidad en los suelos puede variar como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3.4 Porosidad en Algunos Suelos

Material	Por ciento (%)
Arenas y gravas	35-50
Arenas compactas	25-30
Pizarras y arcillas pizarrosas	0.5-8
Arcillas	44-47
Tierras vegetales	37-65

3.4.2.2 Coeficiente de Permeabilidad.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$K = Q/A(A\Delta h/\Delta l)$$

Donde:

K Es el coeficiente de permeabilidad, en cm/seg.

Q Es el caudal o flujo, en cm³/seg.

A Es el área, en cm².

AΔh/Δl Es la pendiente hidráulica, en milésimas.

El coeficiente de permeabilidad (K) para diferentes tipos de suelos, varía como se indica a continuación:

Tabla 3.5 Coeficiente de Permeabilidad “K”

Material	K (cm/seg.)
Grava limpia	$10^2 - 10^0$
Arenas limpias Arenas limpias y mezclas de grava.	$10^0 - 10^{-3}$
Suelos impermeables modificados por los efectos de la vegetación y la intemperización.	$10^{-2} - 10^{-7}$
Arenas muy finas , limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, depósitos estratificados de arcilla, etc.	$10^{-3} - 10^{-7}$
Suelos impermeables, arcillas homogéneas bajo la zona de intemperización.	$10^{-7} - 10^{-9}$

3.4.3 Prueba de Permeabilidad.

Las pruebas de permeabilidad se clasifican como sigue:

3.4.3.1 En el Campo.

- Pozos de absorción.
- Pozos de filtración.
- Pozos en material homogénea.

3.4.3.1.2 En el Laboratorio.

- Permeámetro de carga constante.
- Permeámetro de carga variable.
- Permeámetro de capilaridad horizontal.

3.4.4 Descripción de pruebas en el Campo.

3.4.4.1 Pozos de Absorción.

- Se excavan pozos de 20 x 30 x 30cm, en lugares representativos.
- Estos pozos se espacian 50 m o bien, se perforan cuatro en cada hectárea.
- Se raspa el fondo y las paredes para eliminar superficies sucias o grasosas.
- Cada pozo se llena con agua unas tres veces antes de tomar las lecturas, para saturar el terreno circundante. Se puede dejar el agua toda una noche, con el mismo objeto, después de lo cual se vuelve a llenar con agua el pozo.
- Se determina el tiempo de infiltración como indicio de la permeabilidad. Esta prueba es representativa de una capa de material de un metro.
- Si el descenso total del agua se realiza en menos de una hora, se puede decir que el terreno es permeable e inadecuado. Si el agua tarda más de una hora en infiltrarse totalmente, el terreno puede ser bueno.

- Un manto es prácticamente impermeable si el agua tarda más de 24 horas en ser absorbida completamente.
- A partir del tiempo de infiltración se calcula el volumen de infiltración, en m^3/m^2 .

3.4.4.2 Pozos de Filtración.

Se excavan dos pozos a una distancia de un metro, se llenan de agua y así se mantienen a una diferencia de nivel de un metro. La permeabilidad se calcula por medio de redes de flujo.

3.4.4.3 Pozos de Material Homogéneo.

Utilizando la fórmula de Thiemes se puede obtener el coeficiente de permeabilidad, cuando el material es homogéneo, excavando tres pozos e instalando en uno de ellos un equipo de bombeo y midiendo el abatimiento del nivel freático en los otros.

3.4.5 Descripción de Pruebas de Laboratorio.

3.4.5.1 Permeámetro de Carga Constante.

Se utiliza para suelos relativamente permeables como: grava, arena y mezclas de arena y grava cuyos coeficientes de permeabilidad varían de 10^2 a 10^3 cm/seg.

- Permeabilidad por capilaridad horizontal.

Se usa cuando los materiales tienen una permeabilidad comprendida entre 10^{-1} y 10^{-5} cm/seg. Es adecuada para ensayar con gran rapidez un buen número de muestras en el campo.

3.4.5.2 Permeámetro de Carga Variable.

Esta prueba se utiliza para determinar el coeficiente de permeabilidad en suelos relativamente impermeables tales como: mezclas de arena, limo y arcillas, limos con arcillas o arcillas simplemente. El coeficiente de permeabilidad de estos suelos varía de 10^{-4} a 10^{-9} cm/seg.

3.4.6 Granulometría

El análisis consiste en separar y clasificar por tamaños el material del suelo. A partir de la distribución de los granos es posible formarse una idea de la graduación del material; un material bien graduado (de todos los tamaños) tiende a ser impermeable; una cantidad del 10% de partículas de menores que pasa la malla No. 200 en arenas y gravas puede hacer que el suelo sea virtualmente impermeable.

Los suelos gruesos cuando carecen de finos son permeables. A medida que una arena se hace más fina y más uniforme decrece su permeabilidad.

A partir del análisis granulométrico se obtiene el diámetro efectivo, la porosidad y el coeficiente de uniformidad.

3.5. Especificaciones Técnicas Para la Realización de Estudios Topográficos Para las Distintas Condiciones de Terreno.

3.5.1 Generalidades.

Se deben dar las especificaciones técnicas generales para cualquier levantamiento topográfico; en cada caso particular y dependiendo del tipo de terreno, se determinan las variantes que puedan existir.

3.5.2 Topografía

Una vez seleccionado el sitio del relleno sanitario, se siguen los lineamientos para determinar los parámetros que se usan para este tipo de trabajo, y que se presentan a continuación:

3.5.2.1 Localización.

3.5.2.1.1 Planimetría

Se toma como base principal el entronque del acceso al relleno sanitario, con la vía de comunicación principal más inmediata por donde transitarán los camiones de recolección de residuos sólidos.

Una vez definido este punto, se une con una poligonal abierta al área del relleno sanitario, con lo cual se obtiene el eje del acceso; con el último punto de esta poligonal y basándose en este, se inicia el trazo de una poligonal cerrada, la cual limita al sitio elegido para el relleno sanitario.

La orientación de ambas poligonales se debe basar en una orientación astronómica, la cual se define al inicio de la poligonal abierta.

Las tolerancias permisibles para este tipo de trabajo son:

$$\text{Tolerancia angular} = 1' \sqrt{N}$$

Donde:

N es el número de vértices de la poligonal.

$$\text{Tolerancia lineal} = 1/5000$$

El levantamiento de las poligonales se dibuja en el tamaño del plano especificado por la Secretaría a cargo del relleno sanitario:

Terrenos hasta de 8 hectáreas, escala 1:500.

Terrenos mayores de 8 hectáreas, escala 1:1000.

En el mismo plano se ponen los datos obtenidos del levantamiento de campo.

3.5.2.1.2 Altimetría.

Para el inicio de este trabajo se localiza un punto fijo, que sirva como banco de nivel arbitrario y de referencia para toda la altimetría. Este punto puede ubicarse en cualquier estructura de fácil localización cercana al terreno, como la base de un puente, etc.

Todos los vértices de la poligonal envolvente deben ser monumentados, mismos que sirvan de banco de nivel auxiliares.

Una vez establecido el banco de nivel fijo, se procede a correr una nivelación a lo largo de la poligonal abierta, con punto nivelado a 20 metros como máximo, y menor a 20 metros donde se detecten algún accidente topográfico del terreno para definir el perfil del camino de acceso.

3.5.2.1.3 Secciones.

Estas se trabajan a partir de la estación 0+ 000 del camino de acceso, y son definidas en base a las estaciones que previamente se establecen en el perfil del camino. Estas deben ser perpendiculares al perfil longitudinal y deben abarcar una distancia de 20 metros a cada lado.

Las tolerancias admisibles para este tipo de trabajo son las siguientes:

Para nivelación de perfil longitudinal:

$$10\sqrt{n_k}$$

Donde: “n_k” es el número de kilómetros. Esta nivelación se corre de ida y vuelta partiendo del banco de nivel inicial, al último punto de la poligonal abierta.

El método de trabajo para definir la planimetría de la poligonal cerrada debe ser con base en un eje central que divida el terreno en dos, y ejes paralelos cada 50 metros, mismos que deben seccionarse transversalmente a cada 25 metros, máximo o menos, según lo amerite la topografía del terreno para superficies de 8 hectáreas y a 50 metros en terrenos de superficie mayor a 8 hectáreas

Con base en los perfiles longitudinales y las secciones transversales obtenidas se puede calcular el volumen del sitio del relleno sanitario mediante la siguiente fórmula:

$$V = \sum [D_s [A1 + A2]^{1/2}]$$

Donde:

V es el volumen entre secciones.

D_s es la distancia entre secciones.

A1 es el área de la sección 1.

A2 es el área de la sección 2.

Estos datos se ponen en un plano donde se obtiene la curva masa.

Los métodos más usuales para el cálculo del volumen son:

A. Planimétrico: mediante el uso del planímetro se pueden obtener perfectamente las áreas de cada una de las secciones siempre y cuando el instrumento esté propiamente calibrado.

B. Manual (uso de papel milimétrico):

Este método más elaborado que el anterior, consiste en trazar las secciones en papel milimétrico con el objeto de realizar en él, los trazos de cómo va a quedar el nivel de desplante y el nivel final del relleno sanitario. Así se puede contar el número de cuadros dentro de cada línea y poder calcular las áreas en estudio.

Para ambos casos se deberán considerar las escalas a las que se dibujaron las secciones para obtener el volumen correcto.

3.5.2.1.4 Curvas de Nivel.

Para definir las curvas de nivel se procede de la siguiente forma:

Se obtiene una copia reproducible del plano original de la poligonal envolvente y las curvas de igual nivel se trazan con base en secciones transversales que anteriormente se procesaron.

Estas curvas de igual nivel se hacen de acuerdo a los siguientes lineamientos:

- A cada 0.5 m para sitios planos, hondonadas naturales y terrenos ligeramente sinuosos.

- A cada metro para sitios sinuosos, hondonadas profundas y valles escarpados.

3.6 Cálculo de la Vida Útil.

Se llama vida útil de un relleno sanitario al tiempo en años que se utilizará un sitio seleccionado para la disposición final de los residuos sólidos de una comunidad. La vida útil del sitio depende del volumen disponible del mismo, de la cantidad de residuos sólidos a disponer y del método de operación.

El volumen a disponer de residuos es la cantidad originada por una fuente en un determinado tiempo. Su valor se obtiene multiplicando la población de la comunidad por el índice de generación (kilogramos generados por habitante y por día), y por la eficiencia de recolección. El índice de generación varía de 0.5 a 1 kg de residuos/habitante/día. La eficiencia de recolección se refiere al porcentaje de la población total que goza del servicio de recolección y, en general, es difícil encontrar poblaciones con valores superiores a 70%.

En otras palabras, el volumen del sitio será ocupado por los residuos sólidos por disponer y por el material de cubierta necesario. Al seleccionar un sitio para el relleno sanitario se recomienda que tenga una vida útil suficiente, para recuperar la inversión efectuada en la disposición final de los residuos sólidos.

La fórmula general para calcular la vida útil de un relleno sanitario es:

$$U = V_s / (365 G_t) \quad \text{Ec. 3.6a}$$

Donde:

U es la vida útil del relleno sanitario en años.

V_s es el volumen del sitio seleccionado, en m^3 .

G_t es la cantidad de residuos sólidos recolectados en un tiempo determinado, incluyendo el material de cubierta, en $m^3/día$.

La fórmula anterior, puede desglosarse aun más:

$$U = V_s / (G_v + \%G_v)(365) \quad \text{Ec. 3.6b}$$

Donde:

G_v es la cantidad de residuos a disponer en $m^3/día$

$\%G_v$ es un porcentaje de G_v correspondiente al material de cubierta.

Si selecciona un sitio con un volumen determinado, a medida que se recolecte mayor cantidad de residuos, la vida útil disminuirá; por el contrario si se dispone menor cantidad de residuos en el relleno su vida útil aumentará.

El índice de generación aumenta en un ámbito de 1 a 3% anual, es decir, si al inicio de las operaciones de un relleno el índice es de 0.5 kg/hab/día se puede estimar que al final de ese año se incrementa a 0.505 kg/hab/día si es de 1%; 0.51 kg/hab/día si es del 2% y, 0.515 kg/hab/día si es de un 3%.

En la tabla 3.6.1 se presentan las cantidades de residuos a disponer partiendo de un rango de 50 a 500 ton/día a lo largo de 10 años y con incrementos de 1 a 3%. Para utilizar esta tabla es necesario conocer la cantidad de residuos recolectados en un día o su volumen a disponer, el porcentaje de incremento y el año futuro en que se desee conocer la cantidad inicial.

Por ejemplo si una población genera 250 ton/día de residuos al iniciar un relleno, y se desea obtener el valor de la generación dentro de 7 años después de iniciar las operaciones del mismo, con un incremento anual del 3%, de la tabla se obtiene 307.5 ton/día. El valor anterior es de gran utilidad pues la comunidad deberá prever que al inicio

del relleno llegarán 250 ton/día, al finalizar el primer año de operación del relleno llegarán 257.5 ton/día de residuos. Al finalizar el segundo año 265 ton/día; al finalizar el tercer año, 273.5 ton/día; al termino del quinto año, 289.9 ton/día; al finalizar el séptimo año, 307.5 ton/día.

Si por alguna razón no se encuentra el valor de los residuos recolectados en una comunidad, su cálculo es muy sencillo y se describe a continuación:

Se deberá determinar la cantidad a disponer de residuos sólidos municipales promedio en base a la Norma Técnica NTRS-2-GENERACIÓN DE LA SEDUE.

El valor promedio G_P (cantidad promedio de residuos sólidos a disponer en ton/día) presentado en todas las tablas, es el valor promedio de las generaciones de los tres estratos socioeconómicos de una comunidad y se encuentra expresado por:

$$G_P = (G_A + G_M + G_B)/3$$

TABLA 3.6 PROYECCIONES DE RESIDUOS SÓLIDOS A DISPONER EN TON/DÍA, CONSIDERANDO 1,2 Y 3% DE LA TASA DE GENERACIÓN

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	Incremento Anual %	AÑO (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	1	50.50	51	51.5	52	52.5	53	53.6	54.1	54.7	55.2
	2	51.0	52	53	54.1	55.2	56.3	54.5	58.6	59.8	61
	3	51.5	53	54.7	56.3	58	59.7	61.5	63.4	65.3	67.2
100	1	101	102	103	104	105	106.1	107.2	108.2	109.3	110.4
	2	102	104	106.1	108.2	110.4	112.6	114.9	117.2	119.5	122
	3	103	106	109.3	112.6	116	119.4	123	126.7	130.5	134.4
150	1	151.5	153	154.5	156	157.5	159.2	160.8	162.3	164	165.6
	2	153	156	159.2	162.3	165.6	168.9	172.4	175.8	179.3	183
	3	154.5	159	164	168.9	174	179.1	184.5	190	195.8	201.6
200	1	202	204	206	208	210	212.2	214.4	216.4	218.6	220.8
	2	204	208	212.2	216.4	220.8	225.2	229.8	234.4	239	244
	3	206	212	218.6	225.2	232	238.8	246	253.4	271	268.8
250	1	252.5	255	257.5	260	262.5	265.3	268	270.5	273.3	276
	2	255	260	265.3	270.5	276	281.5	287.3	293	298.8	305
	3	257.5	265	273.3	281.5	290	298.5	307.5	316.8	326.3	336

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	Incremento Anual %	AÑO (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
300	1	303	306	309	312	315	318.3	321.6	324.6	327.9	331.2
	2	306	312	318.3	324.6	331.2	337.8	344.7	351.6	358.5	366
	3	309	318	327.9	337.8	348	358.2	369	380.1	391.5	403.2
350	1	353.5	357	360.5	364	367.5	371.4	375.2	378.7	382.6	386.4
	2	357	364	371.4	378.7	386.4	394.1	402.2	410.2	418.3	427
	3	360.5	371	382.6	394.1	406	417.9	430.5	443.5	456.8	470.4
400	1	404	408	412	416	420	424.4	428.8	432.8	437.2	441.6
	2	408	416	424.4	432.8	441.6	450.4	459.6	468.8	478	488
	3	412	424	437.2	450.4	464	477.6	492	506.8	522	537.6
450	1	454.5	459	463.5	468	472.5	477.5	482.4	486.9	491.9	496.8
	2	459	468	477.5	486.9	496.8	506.7	517	527.4	537.8	549
	3	463.5	477	491.1	506.7	522	537.3	553.5	570.2	587.3	604.8
500	1	505	510	515	520	525	530.5	536	541	546.5	552
	2	510	520	530.5	541	552	563	574.5	586	597.5	610
	3	515	530	546.5	563	580	597	615	633.5	652.5	672

FÓRMULA: $Gn_f = Gp (1+r_g)^{n_f}$

Donde:

Gn_f es la cantidad de sólidos a recolectar en el año “ n_f ” en ton/día

Gp es la cantidad de residuos sólidos presentes en ton/día.

r_g es la tasa de incremento del

Índice de generación en %

N_f es el número de años.

Tabla 3.6 Cont.

hoja 2 de 2.

Donde:

G_P es la cantidad promedio de residuos sólidos a disponer, de la comunidad, en ton/día.

G_A es la cantidad de residuos sólidos a disponer, del estrato de nivel socioeconómico alto, en ton/día.

G_M es la cantidad de residuos sólidos a disponer, del estrato de nivel socioeconómico medio, en ton/día.

G_B es la cantidad de residuos sólidos a disponer, del estrato de nivel socioeconómico bajo, en ton/día.

Se selecciona un incremento de tasa de generación entre valores de 1 a 3%; se el año futuro en que se desean depositar los residuos y se aplica la siguiente fórmula:

$$G_{n_f} = G_p (1+r_g)^{n_f} \quad \text{Ec. 3.6c}$$

Donde:

G_{n_f} es la cantidad de residuos sólidos a disponer en el año “ n_f ”, en ton/día.

G_p es la cantidad de residuos sólidos presente a disponer en ton/día.

r_g es la tasa de incremento de generación y varía de 1 a 3, en por ciento (%).

n_f es el número de años considerado a futuro.

La cantidad de residuos sólidos anual “ $G_t(n_f)$ ” de la comunidad, para cualquier año futuro “ n_f ” se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$G_t(n_f) = 365 G(n_f) \quad \text{Ec. 3.6d}$$

Donde:

$G_t(n_f)$ es la cantidad de residuos sólidos para el año futuro “ n_f ”, en ton/año.

La cantidad de residuos sólidos total “ GT ” de varios años se calcula con la ecuación:

$$GT = \Sigma G_t(n_f) \quad \text{Ec. 3.6e}$$

Ejemplo 3.1: para una comunidad que genera 35 ton/día al iniciar las operaciones de un relleno sanitario, calcular la generación en los cinco años consecutivos, si la tasa de crecimiento del índice de generación es del 3% anual.

Solución:

Como el valor es de 35 ton/día no se encuentra en la tabla 3.6, así que aplicando la Ec. 3.6c:

Al inicio del año 1: $G_0 = 35$ ton/día.

Al término del año 1: $G_1 = 35(1+0.03) = 36.05$ ton/día.

Al finalizar el año 2: $G_2 = 35(1+0.03)^2 = 37.13$ ton/día.

Al finalizar el año 3: $G_3 = 35(1+0.03)^3 = 38.24$ ton/día.

Al finalizar el año 4: $G_4 = 35(1+0.03)^4 = 39.39$ ton/día.

Al finalizar el año 5: $G_5 = 35(1+0.03)^5 = 40.57$ ton/día.

Esto quiere decir que el relleno recibirá en 5 años una generación total, GT , igual a:

$$GT = 365 \Sigma G_t(n_f) = 365(G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5)$$

$$GT = 365(36.05 + 37.13 + 38.24 + 39.39 + 40.57) = 365(191.38 \text{ ton/día}) \\ = 69,853.7 \text{ ton.}$$

Si se desean disponer los residuos de 5 años de la comunidad, se necesitará encontrar un terreno que tenga una vida útil mínima para disponer 69,854 ton.

La tabla 3.7 contiene el volumen acumulado, en m^3 del año 7, de los residuos sólidos dependiendo de la cantidad de residuos sólidos inicial, su peso volumétrico es el relleno sanitario y la vida útil del mismo.

Si se desea conocer el volumen de residuos sólidos en un año en particular, se restará al valor del año deseado, el valor del año anterior.

Ejemplo 3.2: calcular para el séptimo año el volumen de residuos sólidos que dispondrá una comunidad con una generación inicial de 50 ton/día, si los residuos se compactarán a $600 \text{ kg}/m^3$.

De la tabla 3.7 se obtiene para una cantidad de residuos a disponer inicial de 50 ton/día, y una compactación de $600 \text{ kg}/m^3$ los siguientes volúmenes:

1.- Para el año 7 = 240110 m^3

2.- Para el año 6 = 202697 m^3

Por tanto para el último año:

$(240110 - 202697) \text{ m}^3 = 37413 \text{ m}^3$ de residuos sólidos para el séptimo año.

La tabla 3.8 presenta el volumen en m^3 de material de cubierta acumulado necesario para el relleno sanitario, dependiendo de la cantidad de residuos sólidos a disponer, su peso volumétrico en el relleno sanitario y la vida útil del mismo.

Si se desea conocer el volumen de material de cubierta, se restará al valor del año deseado, el valor del año anterior al deseado.

Por ejemplo si se desea conocer el volumen de material de cubierta de un relleno sanitario al séptimo año cuando la cantidad de residuos a disponer inicialmente es de 50 toneladas/día y el peso volumétrico de los residuos compactados es de $600 \text{ kg}/m^3$, de la tabla 3.8 se obtiene:

Para 1 año siete el volumen del material de cubierta = 72034 m^3 .

Para el año seis el volumen de material de cubierta = 60810 m^3 .

Restando: $(72034 - 60810) \text{ m}^3 = 11224 \text{ m}^3$ de volumen de material de cubierta para el séptimo año.

TABLA 3.7 VOLUMEN ACUMULADO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN M³ DEPENDIENDO LA CANTIDAD INICIAL DE RESIDUOS A DISPONER, PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y VIDA ÚTIL DEL RELLENO.

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	P. Vol. de los residuos sólidos compactados Kg/m ³	A Ñ O (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total en 10 años
50	500	37595	76285	116216	157315	199655	243235	288131	334413	382082	431138
	600	31329	63471	96847	131096	166379	202697	240110	278678	318402	359282
	700	26854	54490	83012	112368	142611	173740	205808	238867	272916	1310666
100	500	75190	152570	232359	314557	399237	486399	576189	668680	763945	862057
	600	62658	127141	193632	262130	332697	405332	480157	557233	636621	718381
	700	53707	108978	165970	224683	285169	347428	411564	477629	545675	615755
150	500	112785	228855	348575	471872	598892	729635	864320	1003020	1145954	1293122
	600	93988	190713	290480	393228	499078	608031	720269	835852	954964	1077604
	700	80561	163468	248982	337051	427780	521168	617372	716443	818539	9923659
200	500	150380	305140	464718	629114	798474	972798	1152378	1337360	1535190	1731414
	600	125317	254284	387266	524263	665396	810666	960316	1116478	1279326	1442846
	700	107414	217957	331941	449367	570338	694855	823126	955256	1096563	1236723
250	500	187975	381425	580934	786429	998129	1216034	1440509	1671773	1909972	2155252
	600	156646	317854	484112	655358	831775	1013363	1200426	1393146	1591645	1796045
	700	134268	272447	414953	561735	712949	868595	1028934	1194123	1364265	1539465

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	P. Vol. De los residuos sólidos compactados Kg/m ³	AÑO (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total en 10 años
300	500	225570	457710	697077	943671	1197711	1459197	1728567	1959795	2197958	2586171
	600	187975	381425	580898	7863936	998093	1215998	1440473	1971701	1909864	2155144
	700	161121	326935	497911	74048	855505	1042281	1234688	1432883	1637022	1842262
350	500	263265	533995	813293	1100986	1397366	1702433	2016698	2340453	2673917	3017309
	600	219304	444996	677744	917488	1164471	1418694	1680582	1950378	2228265	2514425
	700	187975	381425	580924	786419	998119	1216024	1440499	1671753	1909942	2155222
400	500	300760	610280	929436	1258165	1596885	1945333	2304693	2674657	3055717	3448165
	600	250633	508566	774529	1048522	1330789	1621329	1920629	2228932	2546482	2873522
	700	214829	435915	663884	898735	1140678	1389712	1646255	1910515	2182701	2463021
450	500	338355	686565	1045652	1415543	1796603	2188832	2592887	3009133	3437862	3879366
	600	281963	572138	871377	1179620	1497170	1824020	2160733	2507605	2864879	2332799
	700	241682	490403	746894	1011102	1283288	1563452	1852063	2149382	2455617	2770977
500	500	375950	762850	1161755	1572745	1996145	2431955	2880905	3343360	3819685	4310245
	600	313292	635709	968163	1310655	1663488	2026663	2400688	2786167	3183105	3591905
	700	268536	544893	829858	1123420	1425849	1737112	2057791	2388116	2728348	3078748

FÓRMULA:

$$V_{n_f} = (365 / P_v) * \sum_{n_f=1}^{n_f} G_{n_f}$$

Donde: V_{n_f} = Volumen de residuos sólidos en el año n_f en m³.

G_{n_f} : cantidad de residuos sólidos por disponer en el año “ n_f ” para un incremento de 3%, en ton/día

P_v : peso volumétrico de los residuos sólidos, en ton/m³.

Tabla 3.7 Cont.
Hoja 2 de 2.

TABLA 3.8 VOLUMEN ACUMULADO DE MATERIAL DE CUBIERTA NECESARIO DEPENDIENDO LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS A DISPONER, EL PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMPACTADOS Y VIDA ÚTIL DEL RELLENO EN M³.

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	P. Vol. de los residuos sólidos compactados Kg/m ³	A Ñ O (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total en 10 años
50	500	11280	22883	34862	46192	58894	71968	85437	99322	113623	123840
	600	9399	19070	29055	39330	49915	60810	72034	83604	95521	107785
	700	8056	16347	24904	33711	42784	52123	61643	71661	81876	92388
100	500	22557	45771	69708	94367	119771	145920	172857	200604	229184	258618
	600	18798	38143	58090	78639	99809	121600	142569	165692	189508	214036
	700	16112	32693	49791	67405	85551	104229	123470	143290	163704	184728
150	500	33836	68657	104573	141562	179668	218891	259296	300906	343786	388024
	600	28196	57213	87143	117967	149722	182405	216076	250751	286521	323386
	700	24168	49040	74694	101115	128334	156351	185212	214934	245594	277193
200	500	45114	91542	139415	188734	239542	291883	345757	401252	460601	519468
	600	37595	76285	116179	157241	199581	243199	288094	334340	387798	432854
	700	42436	75599	109795	145023	181315	218702	257184	296328	339216	381264
250	500	56393	114428	174281	235930	299440	364812	432155	501534	572974	646578
	600	46994	95357	145234	196608	249533	304009	360128	417994	477494	538824
	700	40281	81735	124487	168522	213887	260581	308683	358240	409283	461843

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	P. Vol. de los residuos sólidos compactados Kg/m ³	A Ñ O (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total en 10 años
300	500	67671	137303	209123	282225	358437	436883	517694	600936	686675	774976
	600	56393	114428	174270	235919	299429	364801	432144	501502	572961	646545
	700	48337	98082	149375	202217	256655	312688	370411	429870	491112	554185
350	500	78950	160199	243983	330296	419210	510730	605010	702137	802176	905194
	600	65791	133499	203324	275247	349342	425609	504175	585114	673480	739328
	700	56393	114429	174279	235928	299439	364811	432154	501531	572988	646573
400	500	90228	183084	278831	377479	479085	583679	691427	802416	916734	1034468
	600	75190	152570	232539	314557	399237	486399	576189	668680	763945	862057
	700	64449	130775	199166	269622	342205	416916	493880	573159	654815	738912
450	500	101407	205970	313696	424663	538981	656650	777867	902741	1031360	1163811
	600	84589	171641	261412	353885	449150	547207	648221	752283	859465	969841
	700	72505	150122	227070	306333	387989	472039	558623	647819	739675	834284
500	500	112785	228855	348539	471836	598856	729599	864284	1003021	1145919	1293087
	600	93988	190713	290449	393197	499047	608000	720238	8358527	954933	1077573
	700	80561	163469	248958	337028	427757	521146	617350	716448	818519	923640

FÓRMULA:

$V_m = 0.3 V_R$
 V_m: Volumen de material de cubierta del año n_f. en m³.
 V_R: Volumen de residuos sólidos del año n_f. en m³.
 Nota: No se consideró un incremento anual de 3% del índice de recolección o generación.
 Se consideró un 30% del volumen de los residuos como Material de cubierta.

Tabla 3.8 Cont.
Hoja 2 de 2.

Ejemplo 3.3: Calcular el volumen de residuos sólidos y material de cubierta para el séptimo año, si la generación inicial es de 50 ton/día, y los residuos se compactarán en el relleno a 600 kg/m^3 .

Solución:

De la tabla 3.9 se obtiene que para generación inicial de 50 ton/día y una compactación de los residuos sólidos de 600 kg/m^3 .

Para el séptimo año: 312569 m^3

Para el sexto año: 263750 m^3

Restando: $(312569 - 263750) \text{ m}^3 = 48819 \text{ m}^3$ es el volumen de residuos sólidos y de material de cubierta para el séptimo año.

TABLA 3.9 VOLUMEN NECESARIO DEL RELLENO SANITARIO ACUMULADO (VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS + VOLUMEN DE MATERIAL DE CUBIERTA EN M³) DEPENDIENDO DE LA CANTIDAD DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS A DISPONER, EL PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMPACTADOS Y VIDA ÚTIL.

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	P. Vol. de los residuos sólidos compactados Kg/m ³	A Ñ O (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total en 10 años
50	500	48875	99168	150932	203507	258549	315058	373422	433662	495778	559405
	600	40789	82582	125780	170365	216355	263750	312569	362829	414531	467675
	700	35066	71097	108124	146131	185499	225863	267603	310736	354896	40449
100	500	97747	198341	302213	408997	519081	632465	749192	869284	993129	1120748
	600	81578	165528	251905	341074	432689	527115	622909	723047	826068	932356
	700	69767	141463	215501	291880	370616	451709	535190	621075	709379	800483
150	500	146621	297512	453148	613507	778633	948526	1123616	1303926	1489521	1680854
	600	122366	248108	377683	511072	648677	790495	936221	1086601	1241361	1400866
	700	104833	212560	323624	438910	555749	677206	802062	930699	1063559	1200278
200	500	195494	396682	604060	817629	1037797	1264608	1498062	1738612	1988491	2243728
	600	162790	334705	507459	685396	868626	1057514	1252059	1452335	1655823	1868399
	700	123101	266859	414935	567693	724800	886652	1053249	1225018	1399541	1581749
250	500	249843	501328	760836	1027980	1303190	1579897	1871715	2172139	2481579	2768943
	600	203579	413272	629589	852148	1081368	1560613	1560613	1811149	2063419	2329149
	700	174601	354390	539492	730257	926732	1337253	1337253	1551790	1772923	2000683

Residuos Sólidos a disponer Ton/día	P. Vol. de los residuos sólidos compactados Kg/m ³	AÑO (nf).									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total en 10 años
300	500	293241	595023	206273	1225750	1548337	1888123	2238304	2598946	2970480	3352971
	600	244368	495853	755350	1022129	1291134	1574411	1866229	2166642	2476071	2794735
	700	209302	424757	647235	876007	1106375	1349288	1599366	1857020	2122297	2395610
350	500	342115	694194	1057208	1431136	1816430	2213090	2621635	3042517	3476166	3922649
	600	285156	578434	881129	1192857	1514057	1844729	2185365	2536039	2902170	3274178
	700	244368	495854	755359	1022503	1297714	1580991	1862809	2173596	2483398	2802263
400	500	390988	793364	1208121	1638237	2078208	2531377	2998285	3479384	3974762	4484871
	600	325945	661380	1007254	1365684	1732509	2110211	2499301	2900217	3313032	3738184
	700	279434	566950	863466	1170744	1484957	1808598	2142157	2485696	2839642	3204059
450	500	439862	892535	1359421	1843484	2338862	2848906	3374178	3915152	4472646	5046747
	600	366732	753086	1142157	15432690	1955505	9402502	2840411	3291223	3755740	4234036
	700	314135	607752	933265	1278826	1602102	1966472	2341771	2728442	3126533	3536502
500	500	488735	1003750	1522379	1933369	2483789	3050342	3633977	4235169	4854392	5492120
	600	405333	834573	1266824	1709387	2168192	2640320	3126683	3627737	4143938	4675378
	700	349201	717174	1087728	1478383	1871697	2276431	2693470	3122893	3565144	4020665

Fórmula:

$V_i = (V_i \text{ residuos sólidos} + V_i \text{ material de cubierta})$

$V_i \text{ residuos sólidos} = \text{Volumen en m}^3/\text{año de residuos sólidos del año } i.$

$V_i \text{ material de cubierta} = \text{Volumen en m}^3/\text{año de material de cubierta del año } i.$

Notas: Se consideró un incremento anual de 3% del índice de recolección ó generación.

P. Vol: Peso Volumétrico

Tabla 3.9 Cont.

Hoja 2 de 2.

3.7 Diseño de la Celda Diaria

3.7.1 Elementos de una celda

Se llama celda a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos municipales y al material de cubierta (tierra) debidamente compactados mediante equipo mecánico.

Las celdas se diseñan conociendo la cantidad de residuos sólidos recolectados diariamente que llegan al sitio del relleno sanitario seleccionado.

Los elementos de una celda son: su altura, largo, ancho de frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales y espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas.

La altura de la celda depende de la cantidad de los residuos que se depositen, del espesor de material de cubierta (tierra), la estabilidad de los taludes y la compactación. Mientras más altas sean las celdas, menor será la cantidad de material para cubrir los residuos y mientras menor sea la altura de las celdas, el relleno requerirá de mayor cantidad de material de cubierta.

El ancho mínimo de la celda o frente de trabajo, dependerá de la longitud de la cuchilla del equipo que se emplee para la construcción de las celdas. Se recomienda que el ancho mínimo sea de 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria. Este factor de aumento es considerado para facilitar las maniobras de la maquinaria. En la tabla 3.10 se presentan los valores para seleccionar el ancho mínimo de la celda.

El ancho de la celda o frente de trabajo aumenta, también, dependiendo del número de vehículos recolectores que lleguen al relleno a la hora pico, es decir, la hora del día que arriba al relleno el máximo número de camiones recolectores que depositan los residuos para su disposición final.

Tabla 3.10 Ancho mínimo recomendado de celda o mínimo de frente de trabajo dependiendo de la cantidad de residuos que lleguen al relleno.

Ton. Diarias de residuos que llegan al relleno	Potencia en caballos de fuerza (HP) del equipo			Longitud de las cuchillas del equipo en metros	Ancho mínimo de las celdas en metros
	trascabo	buldózer	Cargador de neumáticos		
20-50	<70	<80	<100	Hasta 4.0	8
50-130	70 – 100	80-110	100-120	Hasta 5.5	10
130-250	100–130	110-150	120-150	Hasta 6.5	12
250-500	130-190	150-180	150-190	Hasta 7.5	15

3.8 Diseño de Franjas

Se llama franja a un conjunto de celdas del relleno sanitario que se encuentra en una misma capa o nivel. Cada celda del relleno se unirá con la celda del día siguiente y ésta a su vez, con la del tercer día y así sucesivamente hasta formar una fila de hileras que se denomina franja.

Tomando en cuenta las franjas y capas programadas, se deben considerar las obras de infraestructura, tales como caminos y drenajes.

El diseño de las franjas estará de acuerdo a la topografía del lugar y su número dependerá de las dimensiones de la celda requerida diariamente para depositar los residuos sólidos.

Será variable el número de celdas que se podrán unir una franja, el sentido de su construcción irá de extremo a extremo y de la parte más alta a la parte más baja de la superficie del relleno.

Para su planeación, las capas se dividirán en franjas para ocupar durante periodos estacionales o mensuales, programando su uso; por ejemplo: para la estación de lluvias deberá de programarse un lugar de fácil vertido para los camiones.

Después de formar la franja el equipo mecánico nivelará la altura de las celdas con material de cubierta con el fin de que la superficie tenga la misma pendiente que la de la capa.

En los planos que ubican la construcción del relleno con las capas cada capa se numerará con dos subíndices; el primero indicará la capa correspondiente y el segundo la franja. El sentido de la construcción de las franjas, se realiza de la parte más alta a la parte más baja del relleno.

3.9 Diseño de Capas.

Se llama capa al conjunto de celdas que ocupan un mismo nivel en un relleno. Las celdas se unen unas con otras para formar las franjas y estas al irse juntando forman lo que se denomina capa.

Las capas se diseñan considerando la altura del sitio disponible para el relleno y al ubicarse en el plano de construcción se calendarizan y se numeran de abajo hacia arriba usando dos subíndices, uno indicando la capa y otro la celda.

Para evitar infiltraciones pluviales y facilitar el escurrimiento del agua de lluvia, la superficie de las capas tendrá una pendiente del 1% al 2% a partir del eje longitudinal de la capa, teniendo la precaución de no dejar al descubierto los residuos ya sea por la acción del viento o por escurrimiento de aguas superficiales o pluviales.

El criterio para establecer el espesor de las capas estará en función de la altura de la celda así como del tipo de material existente para cubierta.

TABLA 3.11 PENDIENE DE LAS CAPAS DEPENDIENDO DEL CLIMA DE LA REGIÓN Y LA PERMEABILIDAD DEL MATERIAL DE CUBIERTA.

MATERIAL DE CUBIERTA	TIPODE REGION		
	PENDIENTE		
	TRANSVERSAL		LONGITUDINAL
	HUMEDA	SECA	
PERMEABLE	2%	1%	1.5%
IMPERMEABLE	1%	1%	1.5%

3.10 Material Para Cubierta.

El material de cubierta tiene las siguientes funciones: impedir la entrada y salida de fauna nociva, reducir los malos olores y ayudar Al control de incendios, así como evitar la entrada de agua. Las pruebas experimentales han demostrado que una capa de 15 cm de arcilla arenosa compactada cumple con estos requisitos. La aplicación diaria de la cubierta reduce gradualmente la atracción de los desechos sobre las aves y los roedores en busca de alimento y es esencial para mantener una buena apariencia del relleno sanitario.

Muchos tipos de suelos cuando están debidamente compactados muestran baja permeabilidad, no se contraen y pueden ser usados para controlar el agua que pudiera entrar al relleno y pudieran incrementar el volumen de lixiviado.

El control de la emanación de gases es también una función importante del material de cubierta. Dependiendo de la profundidad planeada para el terreno recuperado por el relleno, los gases pueden ser bloqueados o ventilados a través del material de cubierta. Un suelo permeable que no retenga mucho agua puede servir como un buen material para ventilar los gases. Arena limpia, grava chica o roca fractura son excelentes cuando se mantienen secas. Si se debe evitar que los gases salgan a través del material, un suelo impermeable de éstos, con alta capacidad de retener humedad debe ser utilizado.

El cubrir los desechos también protege contra el fuego. Casi todos los suelos son incombustibles por lo que la cubierta y los taludes de cada una de las celdas del relleno pueden ayudar a confinar el fuego dentro de esta.

El uso de un suelo compactable y de baja compactabilidad ofrece una buena medida para la prevención de fuegos ya que minimiza el flujo de oxígeno.

Para mantener una operación limpia y de buena apariencia también debe controlarse el acarreo de residuos por el viento. Casi cualquier tipo de suelo satisface este tipo de requerimiento, pero las arenas finas y limos con baja humedad pueden acarrear problemas acarreos de polvos.

La cubierta frecuentemente sirve para el tránsito de vehículos. Cuando este sea el caso deberá ser transitable bajo cualquier condición climática.

En época lluviosa la mayoría de las arcillas son suaves y resbalosas; en general la última capa de cubierta debe ser capaz de mantener vegetación.

La comparación de las características del suelo necesarias para estas funciones indica que hay ciertas contradicciones. Para ser transitable el suelo deberá tener buen drenaje y por otro lado tener una baja permeabilidad para evitar la infiltración de agua, evitar fuegos y el venteo de gases. Estas contradicciones deben ser resueltas poniendo una capa de material transitable encima de un material de baja permeabilidad. Una situación inversa ocurre cuando los gases deben ser venteados a través de la cubierta; en este caso, el suelo debe ser permeable a los gases, tener una capacidad de retención de humedad baja y no estar muy compactada. Los requerimientos de humedad baja y control de fuego implican también una baja permeabilidad. Es posible que se requieran instalaciones para la recolección y tratamiento de lixiviados si se utiliza un suelo de alta permeabilidad para ventear los gases; sin embargo, pueden utilizarse otros medios para ventilarlos.

Hay muchos suelos capaces de ser utilizados como material de cubierta. Diferencias menores en el tamaño de la partícula o en la mineralogía de las arcillas pueden resultar significativas en el comportamiento de los suelos que caen bajo una cierta división o grupo. Diferentes métodos de compactación y colocación en un mismo suelo pueden provocar comportamientos distintos; por ejemplo el contenido de humedad durante su colocación es un factor crítico, ya que influye en la densidad, esfuerzo y porosidad.

Los suelos que se encuentren en el terreno del relleno deben ser muestreados (barrenados o excavados) para su clasificación. El volumen de un suelo apropiado para utilizarse como cubierta puede ser entonces estimado y la profundidad de excavación para la disposición de los desechos puede ser determinada.

Los suelos arcillosos son de textura muy fina a pesar de que comúnmente contienen cantidades moderadas de arena y limo. Varían grandemente en sus propiedades físicas que dependen no únicamente del tamaño de partícula sino también del tipo de

minerales y del contenido de agua. Cuando están secos, pueden ser casi tan duros como una roca y soportar cargas pesadas; cuando están húmedos se vuelven suaves y chiclosos o resbalosos y son difíciles de manipular.

Las arcillas se expanden al humedecerse y su permeabilidad es mínima. Muchas arcillas pueden absorber grandes cantidades de agua pero al secarse generalmente se contraen y se agrietan. Estas características hacen a muchas arcillas menos apropiadas que otros suelos para material de cubierta. Las grietas que generalmente aparecen permiten la infiltración de agua y el escape de gases así como la entrada y salida de insectos y ratas.

Las arcillas sin embargo pueden ser utilizadas para ciertas aplicaciones especiales en un relleno sanitario. Si se desea construir un revestimiento o cubierta impermeable para controlar lixiviado y venteo de gases, muchas arcillas pueden ser compactadas a una humedad óptima. Una vez colocadas generalmente, generalmente es necesario mantenerlas húmedas para que no se agrieten.

Lo apropiado de un material de grano grande (grava o arena) depende fundamentalmente de su graduación, forma de partícula, y la cantidad de arcilla y partículas finas presentes. Por ejemplo, si la grava tiene una graduación mala y está relativamente libre de partículas, no es apropiada para controlar la humedad, gas o moscas. Por otro lado una capa de grava de no más de 15cm, probablemente evitaría la entrada de roedores. Si la grava tiene buena graduación y contiene de 10 a 15% de arena y 5% o más de finos, puede servir como un excelente material de cubierta. Cuando se compactan las partículas gruesas se mantienen en contacto por la acción de la arena, las partículas finas y la cohesión de las arcillas. La presencia de partículas finas disminuye en gran medida la permeabilidad. Una grava arcillosa-arenosa y bien graduada no presenta grietas, controla moscas, roedores y malos olores. Puede ser trabajada en cualquier situación climática y provee un excelente material para el tránsito de vehículos.

Muchos suelos clasificados como arena (tamaño de grano en el intervalo de 4.0 a 0.05 mm) contienen cantidades pequeñas de limo y arcilla y frecuentemente pueden contener material del tamaño de la grava.

Una arena bien graduada que contenga menos de 3% de partículas finas generalmente tiene buenas características de compactación. Un incremento de partículas finas, en particular limo, generalmente mejora la densidad y permite una mejor compactación.

Una arena pobremente graduada es difícil de compactar, a menos que contenga cantidades abundantes de partículas finas. La permeabilidad de suelos arenosos siempre es alta, aun si están bien compactados, y por lo tanto no son apropiados para controlar la infiltración del agua, el venteo de gases ni el control de moscas.

El suelo arenoso puede ser trabajado fácilmente, aun a temperaturas bajo el punto de congelación, mientras un suelo con alta capacidad de retención de agua se congela.

Prácticamente los únicos suelos que han de ser evitados como material de cubierta son la turba y los suelos con alto contenido de materia orgánica. La turba es un suelo generalmente café o negro compuesto en gran parte por materia de plantas parcialmente descompuestas, contiene una gran cantidad de huecos y su contenido de agua puede ser de 100% a 400% de su peso seco, es virtualmente imposible de compactar ya sea que esté seco o húmedo. Los suelos con alto contenido de materia orgánica (20% mínimo) son generalmente muy oscuros y contiene fragmentos de materia orgánica en descomposición, son muy difíciles de compactar, son normalmente pegajosos y su contenido de humedad

puede provocar una expansión en el material, así como su falta de humedad provoca contracciones en el mismo formando agrietamientos.

3.11 Movimientos de Tierras.

Consiste en llevar a cabo los pasos necesarios para preparar el sitio en donde se realizará el relleno sanitario, incluyendo la excavación según el método seleccionado, así como contar con la cantidad suficiente de material de cubierta al menor costo posible.

Siempre se deberá buscar el lugar más cercano al sitio del relleno sanitario para conseguir el material de cubierta.

A continuación se describen los pasos para el movimiento de tierras:

3.11.1 Desmote y Despalme.

Desmote y despalme es la ejecución de las operaciones siguientes:

- a. Corte de árboles y arbustos.
- b. Quitar maleza, hierbas, zacate o residuos de las siembras.
- c. Sacar troncos o tocones con todo y raíces o cortando éstas.
- d. Retirar y estibar el producto del desmote al lugar que se indique, así como quemar lo que indispensable.

El trabajo de desmote generalmente se realiza con tractor y a mano en algunos casos, pues cuando se trata de desmote grueso hay necesidad de cortar los árboles con hacha y cuando se trata de desmote tipo medio se utiliza con ventaja el tractor.

Para fines de desmote se consideran los siguientes tipos de vegetación:

- a) Manglar
- b) Selva o bosque
- c) Monte de regiones áridas o semiáridas
- d) Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales.

El desmote se mide tomando en cuenta como unidad la hectárea y el resultado se considera con un decimal.

Densidad de desmote.

La vegetación de cualquier tipo de desmote puede ser más o menos tupida, por ello debe tomarse en cuenta su densidad para la evaluación y pago de este trabajo.

TABLA 3.12 Especificaciones para desmote con densidad 100%

Tipo	Característica	Densidad
A	Manglar	Siempre 100%
B	Selva o Bosque	100 m ² /ha.
C	Semiárido	50 m ² /ha.
D	Desértico	Siempre 100%

3.11.2 Terracerías.

Cortes

Son las excavaciones o remociones de los materiales producto de las mismas, realizadas en el terreno natural, en ampliación o abatimiento de taludes, en derrumbes y en rebajes de terraplenes.

Los materiales excavados de acuerdo a la dificultad que presenten para su extracción y carga se clasifican en:

- Material A
- Material B
- Material C

Material "A".

Es el material blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado con escrepa remolcada con tractor de orugas de 90 a 100 HP de potencia en la barra sin auxilio de arados o tractores empujadores, aunque ambos se utilicen para obtener mayores rendimientos. Los materiales clasificados como material "A" son los suelos poco o nada cementados con partículas menores a 7.5 cm de diámetro.

Material "B".

Es el que por la dificultad de extracción y carga solo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable de 140-160 HP en la barra o con pala mecánica de capacidad mínima de 1 metro cúbico sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen para aumentar el rendimiento, o bien que pueda ser aflojado con arado de 6 toneladas remolcado por tractor de orugas de las características mencionadas. Además se consideran como material "B" a las piedras o rocas sueltas menores de medio metro cúbico y mayores de 20 centímetro de lado. Los materiales comúnmente clasificables como material "B" son las rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

Material "C".

Es el que por su dificultad de extracción solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos de detonación rápida; también se consideran como material "C" las rocas sueltas que aisladamente tengan más de un metro cúbico. Entre los materiales clasificables como material "C" están las rocas basálticas, las areniscas y los conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

En la clasificación de materiales se observarán las siguientes disposiciones:

Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado en su extracción y carga ajustándolo al que corresponda de los materiales "A", "B" o "C". Siempre se mencionarán los tres tipos de materia para determinar claramente de cual se trata en la siguiente forma: 20-30-50 que quiere decir 20% de material "A", 30% de material "B" y 50% de material "C". Es decir que cada material se clasificará por separado y en proporción a su volumen se clasificará el total.

Cuando no sea posible hacer una clasificación de cada uno de los materiales encontrados, se fijará a todo el volumen una clasificación representativa de la dificultad de extracción y carga considerando siempre los tres materiales aunque para alguno de ellos corresponda 00.

Cuando el volumen por clasificar esté formado por material "C" alternado con otros de menor clasificación en proporción tal que el material "C" constituya por lo menos el 75% del volumen total, el conjunto se considerará como material "C".

Las excavaciones en los cortes se ejecutarán procurando seguir un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte.

Al hacer las excavaciones, particularmente cuando se empleen explosivos se evitará hasta donde sea posible aflojar el material en los taludes.

La medición de los volúmenes se hará tomando como unidad el metro cúbico. El resultado se considerará redondeando a la unidad. En ningún caso se considerará abundamiento.

3.11.3 Préstamos.

Son excavaciones que se ejecutan en los lugares fijados en el proyecto a fin de obtener el material de cubierta.

Para iniciar el ataque en un préstamo, previamente se despalmará la superficie por atacar, desalojando la capa superficial del terreno natural que por sus características no sea adecuada para ser utilizada como material de cubierta. Los despalmes solo se ejecutarán en material "A". El despalme se iniciará después de que se haya efectuado el seccionamiento de la superficie probable de ataque, y el material producto del despalme se colocará en el lugar que se indique. Se procurará que durante el ataque no se alteren ni modifiquen las referencias y bancos de nivel del seccionamiento. Una vez despalmados los préstamos se seleccionarán nuevamente antes de ser atacados dejando las referencias y los bancos de nivel a distancias tales del lugar de ataque y de trabajo que no vayan a ser destruidos o alterados.

La ubicación y las dimensiones de los préstamos serán fijados en cada caso en el proyecto. Los préstamos se excavarán únicamente hasta la profundidad fijada en el proyecto; siempre la excavación será en material apropiado y en la forma más regular posible a fin de facilitar su medición.

La medición del material producto del despalme del sitio de préstamo se hará tomando como unidad el metro cúbico y se empleará el sistema de promedio de las áreas extremas y su resultado se redondeará a la unidad. Para los materiales de préstamo se tomará como unidad el metro cúbico para cada uno de los materiales según su clasificación, seccionando la excavación misma y usando el método de las áreas extremas en distancias de 20 metros o menores si la configuración del terreno así lo exige, el resultado se redondeará a la unidad para cada material. La excavación de los préstamos se pagará a los precios fijados previamente para el metro cúbico de materiales "A", "B" o "C" y en este precio se incluye, extracción, remoción, carga, acarreo libre, colocación del material en el terraplén, recortante de cuñas y afinamiento del terraplén.

Terraplenes

Terraplén es un macizo de tierra, construido sobre el terreno con material adecuado, producto de un corte o un préstamo, y que está comprendido entre el terreno de desplante y la sub-rasante.

Acarreos

Es el transporte de material producto de las excavaciones de cortes adicionales bajo la sub-rasante, aplicación o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes, escalones o despalmes, préstamos, derrumbes o canales para construir un terraplén o efectuar un desperdicio.

Todos los materiales deben tener un acarreo libre de 20 metros a partir del cual su transporte se considerará como sobreacarreo.

Los sobreacarreos de los materiales se consideran como sigue:

Hasta cinco estaciones de 20 metros, es decir hasta 100 metros se contará desde el origen y se paga por metro cúbico-estación al precio fijado.

Hasta cinco hectómetros, es decir 500 metros contados a partir del origen y se paga por metro cúbico por hectómetro.

A más de 5 hectómetros, es decir de 500 metros en adelante, contados a partir del origen se paga por metro cúbico por kilómetro.

Los sobreacarreos de los materiales se cuantifican multiplicando el volumen de los materiales acarreados por la distancia

3.11.4 Curva Masa.

Es un procedimiento de análisis mediante gráficas para buscar las condiciones de acarreo entre cortes y terraplenes y en todo caso tratar de llegar a tramos compensados en sus volúmenes.

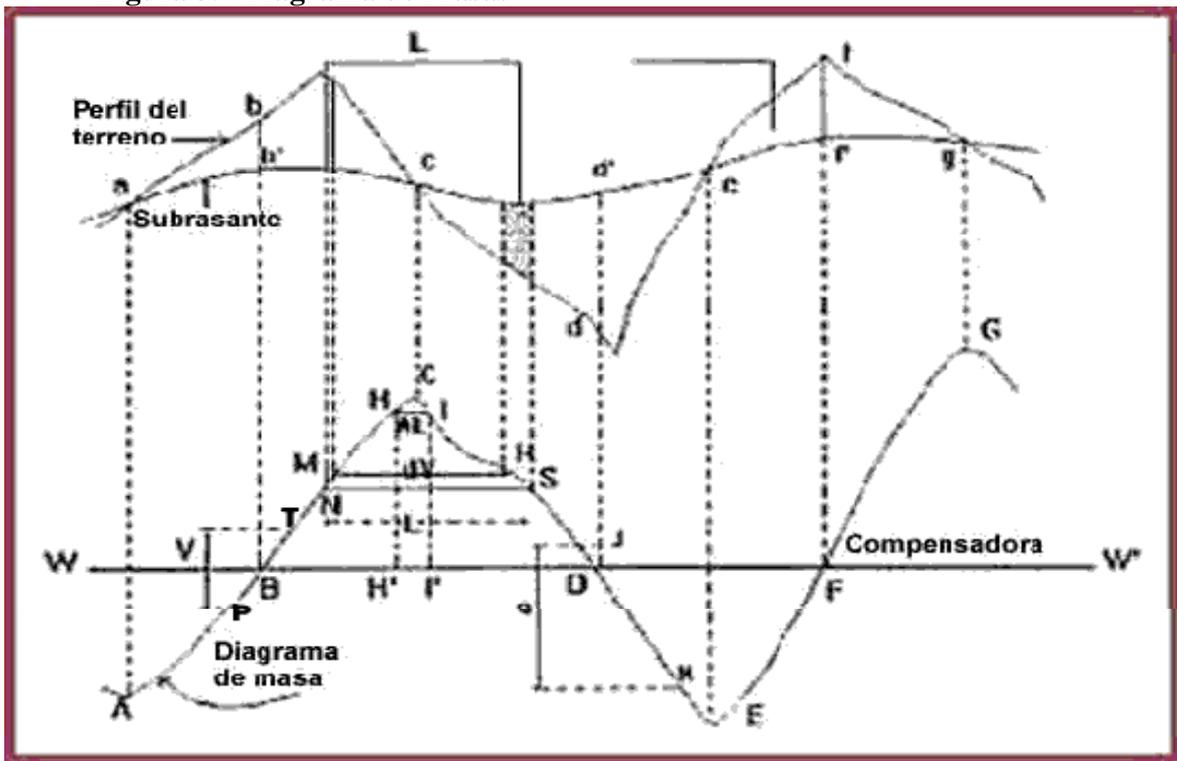
De acuerdo con la magnitud de los volúmenes a mover en todo el tramo en cuestión, se escoge una escala de dibujo tal que permita ver claramente los cambios de pendiente de la curva masa, tomando en cuenta que este es el instrumento para determinar los acarreos. Con ella, se dibuja la curva, uniendo mediante líneas rectas de preferencia, la sucesión de puntos que se obtienen con los resultados.

3.11.4.1 Propiedades del diagrama de masas

La curva masa tiene las siguientes propiedades, de gran utilidad para el estudio de la compensación de tierras.

En la figura, se representa el diagrama de masas ABCDEFG correspondiente a los volúmenes de terracería a mover, al ubicar la subrasante "a c e g" en el perfil "a b c d e f g" del terreno.

Figura 3.5 Diagrama de Masas



a) El diagrama es ascendente cuando predominan los volúmenes de corte sobre los de terraplén y descendente en caso contrario. En la figura se tiene que las líneas ABC y EFG son ascendentes por derivarse de los volúmenes de los cortes a b c y e f g, en tanto que la línea CDE es descendente por referirse al terraplén c d e.

b) Cuando después de un tramo ascendente en el que predominan los volúmenes de corte, se llega a un punto del diagrama en el cual empiezan a preponderar los volúmenes de terraplén, se dice que se forma un máximo; inversamente, cuando después de un tramo descendente en el cual han sido mayores los volúmenes de terraplén se llega a un punto en que comienzan a prevalecer los volúmenes de corte, se dice que se forma un mínimo.

Propiedades del diagrama de masas

En la figura, los puntos A y E del diagrama son mínimos y corresponden a los puntos a y e del terreno que son los extremos de tramos en terraplén, en tanto que los puntos C y G del diagrama son máximos y corresponden a los extremos de los cortes a b c y e f g.

c) La diferencia entre las ordenadas de la curva masa, en dos puntos cualesquiera P y T, expresa un volumen V que es igual a la suma algebraica de todos los volúmenes de corte positivos, con todos los volúmenes de terraplén negativos comprendidos en el tramo limitado por esos dos puntos.

En el diagrama citado, la diferencia de ordenadas entre P y T es V; por quedar T arriba de P, expresa que en el tramo hay un excedente V del volumen de corte sobre el de terraplén, si los dos puntos son como el J y el K y este queda abajo de aquel, la diferencia de ordenadas Q indica el volumen de terraplén en exceso del de corte en ese tramo.

d) Si en un diagrama de masas se dibuja una línea horizontal en tal forma que lo corte en dos puntos consecutivos, estos tendrán la misma ordenada y por consecuencia, en el tramo comprendido entre ellos serán iguales los volúmenes de corte y los volúmenes de terraplén, o sea que estos dos puntos son los extremos de un tramo compensado.

Esta línea horizontal se llama compensadora. La distancia entre los dos puntos se llama abertura del diagrama y es la distancia máxima de acarreo al llevar el material del corte al terraplén.

En la figura 3.5, la horizontal BD es una compensadora, pues la línea BC representa los volúmenes del corte bcb' que son iguales a los volúmenes de terraplén c d d' representados por la línea CD del diagrama. La abertura BD es la distancia máxima de acarreo al transportar el volumen del corte b'b c al terraplén c d d'.

e) Cuando en un tramo compensado el contorno cerrado que origina el diagrama de masas y la compensadora WW' queda arriba de esta, el sentido del acarreo es hacia adelante; contrariamente, cuando el contorno cerrado queda abajo de la compensadora, el sentido del movimiento es hacia atrás.

Así en el diagrama, el contorno cerrado BCDB indica un movimiento hacia adelante por estar arriba de la compensadora WW' pues el volumen BC del corte b c b' será llevado al terraplén c d d' que está adelante.

En cambio el contorno cerrado DEFD que está abajo de la compensadora WW' indica que el volumen EF del corte e f f' será llevado al terraplén d e d' mediante un acarreo cuyo sentido es hacia atrás.

f) Las áreas de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama y la compensadora, representan los acarreos. Si en el corte b c b' se toma un volumen elemental d v, que está representado en el diagrama de masas por el segmento MN, que será transportado a una distancia L, para ser colocado en el segmento RS del terraplén, el acarreo elemental será $dv \times L$ que es precisamente el área del trapecio elemental MNSR; por lo tanto la suma de todas las áreas de los trapecios elementales, representativos de acarreos elementales, será el área de contorno cerrado BCDB, que representará el monto del acarreo total.

Así pues, si se tiene un contorno cerrado formado por el diagrama de masas y por una compensadora, bastará con determinar el área de él, para que, considerando las escalas respectivas, se encuentre el valor del acarreo total.

Este sistema de curva – masa tal como se ha explicado aquí, se utiliza pero ahora por medios electrónicos en proyectos de carreteras.

El estudio de la curva masa se basa en la cubicación de las secciones de construcción que se levantan a lo largo del relleno y generalmente a una equidistancia de 25 metros, aunque en algunos casos esta distancia se disminuye con el objeto de poder obtener las irregularidades del terreno que tienen demasiada influencia en los volúmenes. Una vez obtenidas las secciones se procede a dibujar los espesores ya sea de corte o de terraplén.

Se determinarán las áreas ya sea de corte o de terraplén de cada sección y de preferencia esta determinación se hará con planímetro y se utilizará el sistema de áreas medias, es decir, suma de las áreas por la mitad de la distancia entre cada dos secciones. Al hacer la medición de las secciones es muy conveniente marcar en el caso de terraplenes las secciones de despalme, cuerpo de terraplén y sub-rasante; y en el caso de cortes marcar las zonas de material “B” o “C” por separado, porque partiendo de estos datos se fijará el procedimiento de construcción, ya sea que se trate de terraplenes compactados o acomodados con material procedente de corte y también para determinar o separar en mejor forma los abudamientos.

También existen tablas que se han calculado para diferentes inclinaciones del terreno, donde, con los valores de los espesores, se obtienen los volúmenes por estación; este método es menos aproximado que el anterior pero es muy utilizado para tener una idea de los volúmenes para formar la curva masa y los perfiles de construcción que necesariamente presenta o entrega la brigada.

La determinación de los acarreos del material de excavación, incluyendo en ello su valorización y sentido se logra por medio de la curva masa. Este es un método gráfico que permite determinar la distribución económica de los volúmenes excavados y calcular el costo necesario para llevar a cabo dicha distribución. Este método no puede ser aplicable, o por lo menos no es de tanta utilidad, cuando el nivel de desplante está obligado a proyectarse en determinada forma por circunstancia especiales, tales como: terrenos planos en que la superficie natural se aproxima mucho al nivel de desplante y terrenos en los que la rasante deba tener cierta altura para quedar a salvo de inundaciones o de la humedad.

La curva masa se construye uniendo los puntos que resultan tomando como abscisas las mismas distancias del perfil de construcción, y como ordenadas cantidades proporcionales a la suma algebraica de los volúmenes de corte considerados como positivos y los de terraplén como negativos, desde la estación de origen hasta la estación considerada.

Previamente al dibujo de la curva masa deberá hacerse un registro con las columnas indicadas en la tabla 3.13

Columna 1.- Estación. Se usa para indicar el número de punto o estación a que se refiere el cálculo.

Columna 2.- Elevación del terreno. Se usa para indicar la elevación del terreno natural respecto a un banco de nivel fijo.

Columna 3.- Elevación de la rasante. Se usa para indicar el nivel de la rasante de proyecto respecto al mismo banco de nivel fijo.

Columna 4.- Área de corte. Se usa para indicar el área de corte respecto al terreno natural y el proyecto de la rasante.

Columna 5.- Área en terraplén. Se usa para indicar el área de relleno o terraplén respecto al nivel de terreno natural y el proyecto de la rasante.

Columna 6.- Suma de áreas en corte. Se usa para indicar la suma total de las áreas de corte.

Columna 7.- Suma de áreas de terraplén. Se usa para indicar el área total de las áreas de terraplén.

Columna 8.- Semi-distancia. Se usa para indicar la distancia promedio de corte o terraplén.

Columna 9.- Volumen en corte. Es el resultado de multiplicar la suma de áreas por la semi-distancia.

Columna 10.- Volumen en terraplén. Es el resultado de multiplicar el volumen de áreas en terraplén por la semi-distancia.

Columna 11.- Volumen de residuos sólidos. Es el volumen de residuos sólidos a disponer.

Columna 12.- Coeficiente de abundamiento. Se usa para indicar el coeficiente de abundamiento según el material de que se trate (en general del 30%).

Columna 13.- Volumen de corte abundado. Es el resultado de multiplicar el volumen de corte por el coeficiente de abundamiento.

Columna 14.- Volumen de terraplén. Se usa para indicar el volumen de terraplén necesario.

Columna 15.- Suma de volúmenes de cortes abundados. Es la suma de todos los cortes ya multiplicados por su coeficiente de abundamiento.

Columna 16.- Suma de volúmenes de terraplén. Es la suma de todos los terraplenes necesarios.

Columna 17.- Ordenadas. Es la elevación de cada punto en un sistema de ejes cartesianos.

TABLA 3.13 ELEMETOS DE LA CURVA MASA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ESTACION	ELEVACIÓN DEL TERRENO (M)	ELEVACIÓN DE LA RASANTE (M)	ÁREA EN CORTE (M ²)	ÁREA EN TERRAPLÉN (M ²)	Σ DE ÁREAS EN CORTE (M ²)	Σ DE ÁREAS EN TERRAPLÉN (M ²)	SEMI-DISTANCIA (M)	VOLUMEN EN CORTE (M ³)	VOLUMEN EN TERRAPLÉN (M ³)	VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS (M ³)	COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO.	VOLUMEN DE CORTE ABUNDADO (M ³)	VOLUMEN DE TERRAPLÉN (M ³)	Σ DE VOLS. DE CORTES ABUNDADOS (M ³)	Σ DE VOLS. DE TERRAPLÉN (M ³)	ORDENADAS.

3. 11.5 Compactación

Es un proceso mecánico para mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los suelos. Es menos frecuente que también se compacte para obtener características idóneas de permeabilidad y flexibilidad. Finalmente, suele mejorarse la condición de una estructura ante la acción de la erosión.

La compactación es uno de los medios para mejorar la condición de un suelo. La tabla que se presenta permite situar a la compactación dentro del conjunto de métodos de mejoramiento de suelos.

Con el objetivo de lograr el grado de compactación fijado en toda la sección del terraplén, los terraplenes se construirán con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con un talud diferente. El proyecto incluirá las dimensiones de las cuñas de sobre ancho, las que serán recortadas una vez que se haya terminado la construcción del terraplén, dejando el talud debidamente afinado.

3.11.6 La curva de compactación

Existe una correlación entre los resultados de un proceso de compactación y el aumentar el material compactado. Es también fundamental el contenido de agua del suelo en la compactación que se obtiene

3.11.7 Compactadores por amasada

Rodillos pata de cabra estos concentran su peso sobre la pequeña superficie de un conjunto de presiones estadísticas muy grandes en los puntos en que penetran en el suelo.

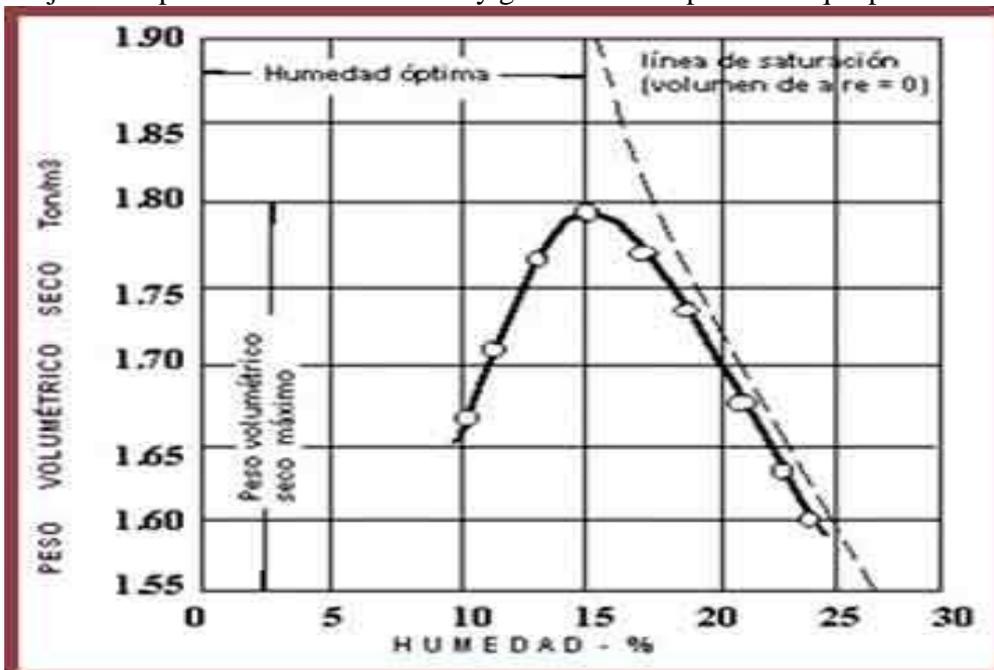


Figura 3.6 Curva Típica de Compactación

Los rodillos lisos se dividen en dos grupos: remolcados y autopropulsados. En los primeros, su peso es variable y pueden lastrarse con agua o arena húmeda. Los autopropulsados constan de una rueda delantera con una o dos traseras.

Los rodillos lisos tienen su campo de aplicación a los materiales que no requieren concentraciones elevadas de presión, por lo general arenas y gravas y también se utiliza para el acabado de la superficie superior de las capas compactadas.

Cuando se utiliza sólo el rodillo liso en arcillas y limos plásticos de un cierto número de pasadas lleguen a presentarse fracturas en la parte superior de la capa.

La acción del rodillo neumático tiene lugar por la presión que transmite a la capa de suelo, pero producen también un cierto efecto de amasado que causa al suelo grandes deformaciones por las irregularidades de las llantas.

3.11.8 Compactación por vibración

Se emplean mecanismos del tipo de masas desbalanceadas, que proporcionan un efecto vibratorio al elemento compactador. El elemento compactador lo constituyen reglas, placas o rodillos.

Los principales factores inherentes a la naturaleza de la vibración que influyen en los resultados del equipo son:

- La frecuencia esto es, el número de revoluciones por minuto.
- La amplitud medida por una distancia vertical.
- El empuje dinámico que se genera en cada impulso del oscilador.
- La carga muerta, o sea el peso del equipo de compactación.
- La forma y el tamaño del área del contacto del vibrador con el suelo.

El contenido de agua del suelo es determinante. En el caso de la vibración, para obtener la máxima eficiencia de compactación, el contenido óptimo de agua del suelo suele ser bastante menor que el que se necesitaría para ser compactado por otro procedimiento.

La ventaja principal de la aplicación de la vibración a las técnicas de compactación estriba en la posibilidad de trabajar con capas de mayor espesor que las que es común usar con otros compactadores.

3.11.9 La sobrecompactación

Cualquier aumento en el peso volumétrico seco va acompañado por un mejoramiento general de sus condiciones, la desmiente casos que puede llegarse a condiciones francamente desfavorables por compactar los suelos más allá de un cierto límite.

3.11.10 Control de la compactación

Se controla verificando con relativa frecuencia la densidad y la humedad del suelo sujeto a compactación. La densidad medida, es el peso volumétrico húmedo; el peso volumétrico seco se calcula sobre la base de esa cantidad y la humedad medida.

Se han utilizado tres métodos para determinar de la densidad del suelo, como los métodos de la arena, del globo y del aceite pesado, en cada uno de ellos, la determinación de la densidad principia con la excavación de un agujero cilíndrico en la capa de suelo de 10 centímetros de diámetro y una profundidad igual a la de la capa de suelo.

El material extraído se guarda, se sella y se pesa. Si se desea la determinación inmediata del peso, se puede obtener con una balanza de campo. Puede determinarse entonces el volumen del agujero utilizando arena, el globo o el aceite pesado, siendo la primera la más utilizada.

3.12 Impermeabilización y Control de Líquidos Percolados.

El agua subterránea es la fuente más valiosa de abastecimiento con que cuenta el país, por lo que es necesario evitar alterar sus características físicas, químicas y biológicas.

Si el espesor del suelo entre la base del relleno y las aguas subterráneas no logra atenuar el alto poder contaminante del **lixiviado**, este contaminará las aguas subterráneas.

Debido a lo anterior es necesario proteger las aguas subterráneas. Su protección se puede efectuar por dos métodos: natural y artificial.

3.12.1 Método Natural.

Este consiste en aprovechar las propiedades físico-químicas del suelo donde se ubica el relleno, y evitar la contaminación del agua por los lixiviados.

Los sitios con alto contenido de arcillas y/o con capas impermeables a poca profundidad son mejores.

En el relleno sanitario Bordo Poniente, el suelo está constituido por arcillas suaves y altamente compresibles de aproximadamente 60 metros de profundidad.

En la construcción de la primera y segunda etapa del relleno sanitario Bordo Poniente, por ejemplo, se utilizó este método natural, ya que debido a la baja permeabilidad ($k = 5 \cdot 10^{-9}$) no se presentaría este tipo de problemas.

3.12.2 Método Artificial.

Consiste en colocar materiales naturales o artificiales con el fin de evitar la entrada del lixiviado a las aguas subterráneas, o bien minimizar su poder contaminante. El material empleado es de arcillas compactadas en la base del terreno con espesor de capa de 20 a 60 cm. y con humedad óptima.

Entre las medidas más usadas se tiene la instalación de membranas impermeables de alta densidad de 3 a 4 mm. de espesor de PVC (Cloruro de Polivinilo) que junto con la construcción de canaletas que colectan los lixiviados, evitan el contacto de los líquidos producidos con el agua subterránea. Si se utilizan estas membranas se debe supervisar que no existan dobleces y/o perforaciones al colocarlas. Los materiales se asientan sobre una base de arena nivelada inferior y superior de 20 cm. de espesor.

El mínimo espesor o interfase del suelo para la disminución de materia orgánica del lixiviado depende de la permeabilidad del suelo del sitio seleccionado, el gasto de infiltración, la velocidad de remoción de materia orgánica, precipitación pluvial anual, y su concentración inicial en el lixiviado.

Desafortunadamente, aun con membranas impermeabilizantes se presentan fugas por ello es necesario tomar otras medidas para tratar los lixiviados que se generen. Esto se analizará en la siguiente sección.

3.13. Pozos de Monitoreo

Los procesos de descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario y el agua de lluvia que se infiltra origina el lixiviado (líquido que se percola a través de las celdas que contienen los residuos y sus materiales de cubierta).

Para evaluar la calidad del lixiviado y sus posibles efectos en el agua subterránea se realiza un monitoreo de ambas. El monitoreo consiste en una serie de programas que incluyen la toma de muestras, su análisis físico-químico y biológico en un laboratorio y la evaluación de los resultados obtenidos.

El sistema de monitoreo de los lixiviados debe de contar con por lo menos tres pozos de muestreo, que se sitúan uno en la dirección del flujo de las aguas subterráneas antes de llegar al sitio del relleno sanitario, otro aguas abajo del sitio y el último en el sitio

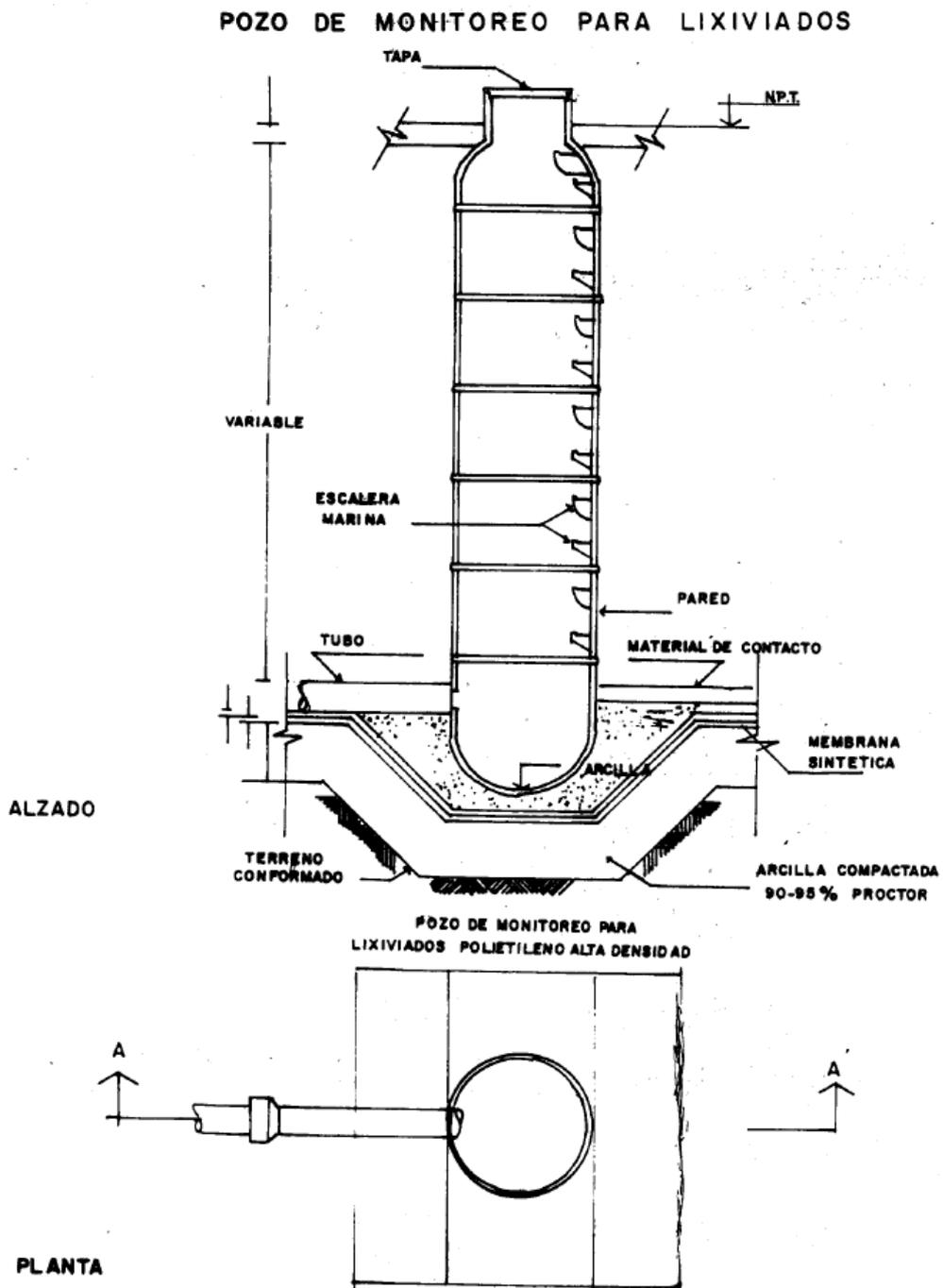


Figura 3.7 Pozo de Monitoreo de lixiviado

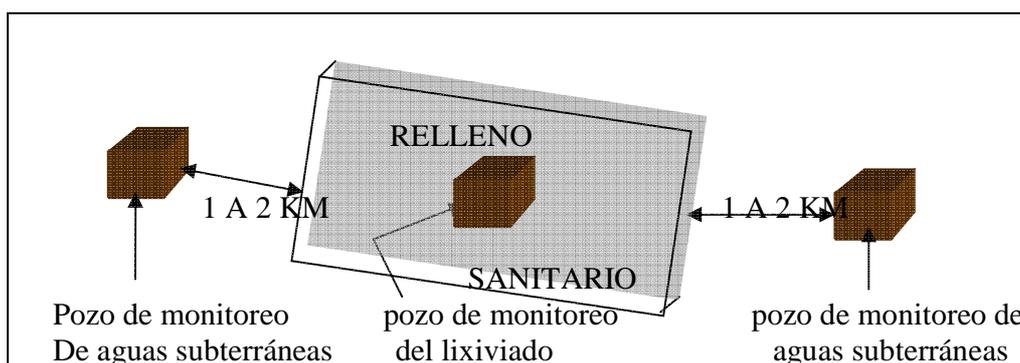


Figura 3.8 Localización de los pozos de monitoreo en un relleno sanitario.

del relleno. Los dos primeros pozos profundizarán dos metros dentro del acuífero y el último en el nivel o base del relleno; se pueden construir de asbesto-cemento o plástico con un diámetro de aproximadamente 40 centímetros de diámetro como mínimo que permita la introducción de un bote de material resistente a la acidez sujetados a una varilla.

Los análisis recomendados del lixiviado y las aguas subterráneas se enlistan en la tabla 3.14.

Tabla 3.14 ANÁLISIS RECOMENDADO PARA EL MONITOREO DE LIXIVIADO

1.-	Materia Orgánica:	- Demanda Bioquímica de Oxígeno del quinto día (DBO ₅) - Demanda Química de Oxígeno (DQO)
2.-	Parámetros Físicos	- Conductancia Específica. - Turbiedad.
3.-	Parámetros Químicos	- Potencial de Hidrógeno pH. - Alcalinidad total como CaCO ₃ - Cianuros (CN). - Cloros (Cl). - Dureza Total como CaCO ₃ . - Fosfatos Totales como P-PO ₄ ⁺ - Nitrógeno Orgánico como N-Org. - Nitrógeno Amoniacal como N-NH ₄ ⁺ . - Sulfatos (SO ₄).
	3.1.- Cationes	- Arsénico (As) ^{+2,+5} - Cadmio (Cd) ⁺² - Calcio (Ca) ⁺² - Cobre (Cu) ⁺² - Cromo Total (Cr) ^{+3,+6} - Hierro Total (Fe) ^{+2,+3} - Magnesio (Mg) ⁺² - Mercurio Total (Hg) ⁺² - Níquel (Ni) ^{+2,+3} - Potasio (K) ⁺¹ - Plomo (Pb) ^{+2,+4} - Sodio (Na) ⁺¹ - Zinc (Zn) ⁺²
4.-	Organismos Bacteriológicos	- Bacterias Coniformes Totales en NMP/100 ml. - Bacterias Coniformes Fecales en NMP/100 ml.

3.14 Sistema de Captación de Biogás

Los residuos sólidos dispuestos en un relleno sanitario se descomponen o eliminan con el tiempo por la acción de microorganismos y reacciones químicas que producen nuevos compuestos químicos y nuevos compuestos líquidos sólidos y gaseosos.

Los residuos se eliminan o degradan primeramente por microorganismos que utilizan para sus funciones el oxígeno disuelto en las celdas, a estos se les denomina organismos aerobios. Posteriormente participan en la descomposición los facultativos que viven en ausencia o presencia de oxígeno disuelto y por último, entran en acción los organismos anaerobios que toman el oxígeno de compuestos químicos existentes en el medio.

Los gases que se producen en mayor proporción en la descomposición o eliminación de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos en un relleno sanitario son:

- El metano (CH₄)
- El bióxido de carbono (CO₂)
- El ácido sulfhídrico (H₂S) y
- El nitrógeno (N₂)

A medida que transcurre el tiempo, varía la descomposición de los gases de un relleno sanitario. La tabla 3.15 presenta el porcentaje de los gases en un relleno dependiendo del tiempo transcurrido en que se finalizó la construcción de una celda.

Tabla 3.15 Composición de los gases producidos en un relleno sanitario, en función del tiempo desde que se finalizó la construcción de la celda.

Tiempo en meses	Composición en porcentaje de los gases (%)		
	N ₂	CO ₂	CH ₄
0-3	5.2	88	5
3-6	3.8	76	21
6-12	0.4	65	29
12-18	1.1	52	40
18-24	0.4	53	47
24-30	0.2	52	48
30-36	1.3	46	51
42-48	0.4	51	48

Fuente : Brunner R. Dirk y Keller J. Daniel. Sanitary Landfill Design and Operation U.S. E.P.A. 1972.

El gas metano busca salida de las celdas hacia la atmósfera y si su concentración en el aire es de 5% a 15% es explosivo. Por lo tanto, para evitar riesgos de explosión en el sitio del relleno los gases deben salir.

Para la captación de los gases existen dos métodos: el primero con materiales permeables y el segundo por medio de materiales impermeables.

a) Método permeable

Emplea zanjas de grava o ventilas llenas de grava entre las celdas por donde fluirán los gases; las zanjas deben de profundizar debajo de la base del relleno para asegurar la intercepción de todos los gases.

Las ventilas se colocan en los taludes laterales de las celdas. Es importante que las zanjas o ventilas estén libres de vegetación o tierra. Las zanjas pueden tener un diámetro de 30 cm.

El método mas económico es la instalación de estructuras de malla rellenas de roca. Las estructuras tienen longitud de lados de .6 a 1 m, se profundizan unos 30 cm abajo del nivel o base del relleno y en la parte superior se cubren, dejando un tubo en la forma de cuello de ganso.

Para seleccionar el número de pozos de extracción o captación de los gases en un relleno sanitario se puede consultar la **norma oficial mexicana nom-057-ecol-1993** que en su apartado 7 indica:

7. Diseño y construcción del sistema de venteo

7.1 El sistema de venteo se sujetará a los siguientes requisitos:

7.1.1 Debe existir un sistema de venteo por cada 300 m² de celda o fracción.

7.1.2 Los conductos de venteo deben tener como mínimo 20 cm de diámetro.

7.1.3 Los subcolectores de captación de gases deben situarse a una altura máxima de 2 metros.

7.1.4 El tubo colector y el primer subcolector deben colocarse a una distancia del fondo de la celda, equivalente al 20% de la altura de la misma.

7.1.5 Cada subcolector debe cubrir un área equivalente a la sexta parte del área total de la celda.

7.1.6. El tubo de venteo debe terminar en cuello de ganso.

Fuente: La nomenclatura de esta norma oficial mexicana está en términos del Acuerdo por el que se reforma la nomenclatura de 58 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Protección Ambiental publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 29 de noviembre de 1994.

b) Método impermeable

El movimiento de los gases a través del suelo puede ser controlado con materiales impermeables, por ejemplo, una capa de arcilla compactada de un espesor de .45 a 1.5m.

El material evitará el flujo de los gases hacia el exterior del relleno y los forzarán a buscar otra salida que será la parte superior del terreno.

3.15 Sistema de Captación de Aguas de Escurrimiento.

El sistema de captación de aguas de escurrimiento de los rellenos sanitarios tiene por objeto, en primer lugar, reducir en lo posible la cantidad de agua que llega a las diferentes partes del mismo, en segundo lugar, dar salida expedita al agua cuyo acceso sea inevitable. Ahora bien, el agua llega al relleno:

Por precipitación directa.

Por escurrimiento del agua del terreno adyacente.

Por crecientes e ríos y arroyos.

Por filtración través del relleno del subsuelo.

Así pues, el objetivo que se debe perseguir, es conseguir, en primer lugar, reducir la entrada del agua de cualquiera de las fuentes antes mencionadas y, en segundo lugar, desalojar rápidamente el agua que pueda llegar al relleno.

Para que un relleno tenga un buen drenaje debe evitarse que:

El agua circule en cantidades excesivas por el mismo, destruyendo el material de cubierta que sirve para impermeabilizar y originar la formación de charcos.

Que los cortes se saturen de agua con peligro de derrumbes, deslizándose estos y en algunos casos deslizándose el camino.

Que el agua de arroyos y hondonadas sea remansada por los terraplenes con el peligro de deslavarlos o destruirlos.

Que el agua subterránea reblandezca la capa de tierra y se formen baches o charcos, etc.

Como se ve el drenaje adecuado es una de las fases más importantes en un relleno por lo que debe procurarse por todos los medios el mejor drenaje que sea posible.

3.15.1 Drenaje Superficial.

En el drenaje superficial se estudiarán las dos fases mencionadas desde el principio para el drenaje en general: en primer término la manera de reducir al mínimo el agua que fluya, lo cual se realiza mediante la captación de aguas que puedan llegar al relleno o a sus inmediaciones y la defensa de las distintas partes del mismo contra la acción de las aguas, corrientes o almacenadas que puedan llegar a afectarlo.

Las obras de drenaje superficial llamadas también de drenaje longitudinal, comprenden las zanjas o vados que se construyen en los límites del relleno y tienen como objetivo la captación del escurrimiento aguas arriba.

Como el área de las porciones de terreno cuya agua va a dar a las zanjas es relativamente pequeña, ordinariamente se proyectan estas para que den capacidad a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración. Generalmente se considera suficientemente seguro proyectar las zanjas para que tomen del 70 al 80% de la precipitación pluvial, sin embargo en algunos casos puede llegarse al 100%. En suelos arenosos el escurrimiento varía considerablemente.

En los casos que se conozca la altura de lluvia local conviene estimar los coeficientes de escurrimiento y combinar estos datos con la pendiente y forma de la cuenca para definir el área hidráulica necesaria en forma análoga, como se hace para las alcantarillas, aplicando la fórmula de Burkle Ziegler.

Siendo tan inciertos los factores que intervienen en la determinación del área hidráulica, ordinariamente la forma y dimensiones de las zanjas se determinan de acuerdo con las condiciones climatológicas del lugar y de preferencia por comparación con lugares similares.

La práctica usual en nuestro país es hacer las zanjas en forma de “V” con un tirante de 30 a 60 cm, talud de 1:3, en esta forma el fondo de la cuneta queda a unos 40 o 45 cm debajo de la sub-rasante y lleva la misma pendiente del terreno. Se ha seguido la costumbre de zampear el terreno con mortero de cemento las zanjas y en algunos casos este zampeado se hace con suelo cemento en proporción de 1:8 y en casos muy especiales de concreto. El zampeado con mortero de cemento se considera con un espesor de 30 cm con roca de buena calidad, y bien acomodada así como procurar que el mortero que se use sea manejable y penetre por todos los espacios que dejan las rocas y al final se le da un espesor de 4 a 5 cm.

Una zanja de las dimensiones indicadas y zampeada puede servir o proporcionar buenos resultados en longitudes de 300 a 600 m.

Los diferentes materiales se deslavan a las siguientes velocidades:

Arena	de 0.60 a 0.90 m/seg.
Limo	de 0.60 a 1.10 m/seg.
Grava	de 1.50 a 1.80 m/seg.

De lo anterior se deduce que con una pendiente del 1% se obtiene una velocidad de 0.60 m/seg; como se ve es muy fácil obtener una velocidad de deslave para suelos comunes, por lo que se aconseja zampear las zanjas. Se recomienda completar el zampeado de las zanjas hasta 1.50 o 2.00 metros a cada extremo de las zanjas para que el agua se encauce mejor y no erosione los taludes o los fondos de las zanjas.

Las aguas captadas en las zanjas serán encausadas a un colector. Este colector puede ser un drenaje natural (río, arroyo, etc.) o un dren artificial como una línea de drenaje pluvial entubada.

Dicho colector se proyectará de tal manera que pueda captar una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable de agua de lluvia.

3.15.2 Fórmulas de Escurrimiento.

Las fórmulas de escurrimiento más usuales son:

3.15.2.1 Burkle Ziegler

Se emplea para calcular el gasto máximo producido, debido a un aguacero intenso en un área tributaria pequeña (menos de 250 hectáreas).

$$Q_t = 0.022 (C) (h) \sqrt[4]{S_t / N_t}$$

Donde Q_t es el gasto aportado por cada hectárea tributaria, en m^3/seg .

h es la precipitación correspondiente al aguacero más intenso (de 10 minutos de duración total), en mm/hr.

S_t es la pendiente del terreno, en m/km.

N_t es el número de hectáreas tributarias.

El coeficiente “C” depende de la clase de terreno que forma la cuenca o área tributaria y tiene los siguientes valores:

0.750 para calles pavimentadas y distritos comerciales.

0.625 para calles ordinarias de la ciudad.

0.030 para poblaciones con parques y calles.

0.025 para terrenos de cultivo.

3.15.2.2 Fórmula de Dickens.

Se emplea para calcular el gasto máximo producido, debido a una lluvia de 24 horas de duración en un área tributaria grande o sea de 250 a 2500 ha.

Dicha fórmula es:

$$Q_a = 0.01283(C) \sqrt[4]{A_t^3}$$

Donde:

Q_a es el gasto aportado por toda el área tributaria en m^3/seg .

A_t es el área tributaria, en Km^2 .

El coeficiente “C” depende de la clase de terreno y de la altura total de lluvia en 24 horas y tiene los valores indicados en la tabla 3.16

TABLA 3.16 Valores del coeficiente “C” de la fórmula de Dickens.

Clase de terreno.	Para precipitaciones de 10 cm. en 24 horas.	Para precipitaciones de 15 cm. en 24 horas.
Terreno plano	200	300
Lomerío suave	250	325
Mucho lomerío	300	350

Cuando se proyecta un drenaje pluvial por el método de compactación o por el método empírico, el área se obtiene directamente y se puede proceder desde luego a proyectar la forma, pendiente, etc., pero cuando se sigue el método de Sección y Pendiente o el Racional, lo que se obtiene directamente es el gasto aportado y, por consiguiente, hay que proceder a deducir cuál deberá ser el gasto para el cálculo de pendiente, forma, área hidráulica, etc.

3.15.3 Cálculo de la Sección Hidráulica.

Para calcular la sección hidráulica del drenaje pluvial se usa la fórmula de Manning, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$Q_g = A_T V_e$$

Donde:

Q_g es el gasto, en m^3/seg .

A_T es el área transversal del tubo, en m^2 .

V_e es la velocidad de escurrimiento, (0.60 a 3.00) en m/seg

$$V_e = (1/n) R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$R_h = (A_T/P_m)$$

Donde:

n es el coeficiente de rugosidad, adimensional

R_h es el radio hidráulico, en metros.

S es la pendiente, en milésimas.

P_m es el perímetro mojado del tubo, en metros.

El coeficiente de rugosidad para una tubería de concreto y/o PVC es de 0.013.

Con base en estas fórmulas se calcula el diámetro de la tubería que se deberá usar.

3.16 Obras Complementarias

Se entiende por obras complementarias aquellas que forman parte del relleno sanitario y sirven de ayuda para la eficiente operación del mismo.

Las obras complementarias se presentan en los planos que se indican a continuación:

Plano No. RST-1 Estructuras Para Captación y Desviación de Aguas Pluviales.

Una de las obras más importantes para el relleno sanitario es la de desviación de aguas pluviales ya que de ésta depende que la construcción se realice sin ningún problema. Estas estructuras se deberán colocar en sitios estratégicos para evitar la entrada de agua al relleno sanitario.

Plano No. RST-2 Estructuras Para la Captación del Biogás.

Esta estructura tiene por función desalojar del relleno sanitario el gas que produce la descomposición de los residuos sólidos.

Plano No. RST-3 Obras Para Captación de Lixiviados.

Tiene por objeto el coleccionar el lixiviado que se genera en el relleno sanitario evitando así que este pueda infiltrarse y contaminar los acuíferos.

Plano No. RST-4 Cobertizo Para Equipo.

La función primordial para esta estructura es proteger a la maquinaria que se utiliza en el relleno sanitario de la lluvia y contar con un lugar para dar mantenimiento y reparación al equipo. Se deberá ubicar en un punto estratégico de tal manera que la distancia del cobertizo a cualquier punto del relleno sanitario sea el menor en recorrido.

Plano No. 5 Caseta de Vigilancia.

Esta caseta servirá para tener un vigilante a la entrada del relleno sanitario y que pueda protegerse de las inclemencias del tiempo. Siempre se ubicará a la entrada del relleno sanitario a un lado de la puerta de acceso de vehículos.

Plano No. 6 Caseta de Control.

Estará ubicada siempre junto a la báscula ya que en esta caseta se colocará el equipo de la misma. Además puede servir de oficinas administrativas.

Plano No.7 Cimentación de la Báscula.

Esta estructura servirá para recibir la báscula en un sitio tal que los vehículos recolectores tengan un fácil acceso a la misma para poder ser pesados. Las especificaciones para la cimentación de la báscula, las dará cada proveedor ya que difieren para cada marca de báscula.

Plano No. 8 Cerca Fija y Móvil.

La cerca fija servirá para evitar el acceso de los animales al relleno sanitario y controlar los residuos sólidos que por acción del viento se dispersen. Se ubicará en todo el perímetro del relleno sanitario y tendrá una puerta de acceso para vehículos.

La cerca móvil servirá para los residuos sólidos que se dispersen en el momento en que el vehículo recolector los deposite en el relleno sanitario. Siempre se colocará en el sentido contrario del viento y se moverá de acuerdo a las variaciones de este.

Plano No. 9 Señalamientos.

Estas estructuras servirán para prevenir e informar al personal que opere el relleno de todas las restricciones así como construcciones existentes en el relleno sanitario. La ubicación de las mismas será de acuerdo a las necesidades de cada sitio.

Para todo este tipo de obras se deberán tomar en cuenta las características de la región con el fin de utilizar los materiales mas convenientes, además se deberán de

considerar los materiales que existen en la región para su construcción con el objeto de reducir los costos.

Los planos que se presentan son planos tipo por lo cual están sujetos a cambios dependiendo de la conveniencia de cada región en cuanto a tipo de material clima y disponibilidad de proveedores en la zona.

3.17 Equipo Mecánico.

Los rellenos sanitarios de tipo mecánico deben contar con el equipo pesado y con los accesorios necesarios para movimiento de tierras y residuos sólidos.

Los equipos mecánicos se dividen en:

Equipos adaptados a la operación del relleno sanitario.

Equipo diseñado expresamente para la operación de los rellenos sanitarios.

Equipo de apoyo.

A continuación se presenta una descripción de algunos de los equipos mecánicos:

3.17.1 Equipos Adaptados a la Operación del relleno Sanitario.

3.17.1.1 Cargador en Carriles o Traxcavo.

Está formado por dos unidades, un tractor y un cucharón

3.17.1.2 Tractor de Carriles o Bulldozer.

Este equipo está formado por un tractor y una hoja topadora

3.18 Gerenciamiento

A continuación se presentan los lineamientos para efectuar los análisis en cuanto a los aspectos de inversión, costos de operación, sistemas tarifarios y de administración, control y vigilancia.

Es importante señalar que dado que es utópico que se darán dos casos iguales, carece de sentido ejemplificar los lineamientos marcados, que además son solo eso.

Cada entidad responsable de un relleno sanitario deberá adecuar el administrativo a sus políticas. Cada terreno por su configuración distinta, va a arrojar distintas consideraciones al diseño del relleno sanitario. Si el terreno se compra o se arrienda, si se apropia o se adjudica, los conceptos de la inversión en este sentido pueden variar de uno a otro extremo.

Igualmente, para el caso de los costos de preparación del terreno y construcción, estos variarán según el caso y no tienen una uniformización a este respecto ya que dependen del método de construcción que se siga, disponibilidad de mano de obra calificada e incluso del clima.

Además, en muchos casos la inversión requerida en preparación del terreno y obras de protección podrá ser realizada durante la vida útil del relleno sanitario y no necesariamente al inicio; pero esto no solo depende de la posibilidad económica o financiera de la entidad responsable sino de factores tales como la topografía del sitio o del método de relleno que se elija.

El diseño tipo contiene la información técnica que deberá aplicarse para encontrar el sitio adecuado al relleno sanitario y desarrollar las obras en el sitio seleccionado; además, contiene ciertos elementos básicos en cuanto a la economía del proyecto.

3.18.1 Inversión.

Las inversiones requeridas para un relleno sanitario incluyen una serie de conceptos en donde destacan principalmente, aquellos originados por obras de construcción, adquisición o instalación necesarios tales como:

- Obras de infraestructura para el acondicionamiento del relleno (drenaje y caminos de acceso).
- Edificaciones necesarias para la operación del terreno sanitario, (oficinas, casetas, talleres y servicios).
- Adquisición de maquinaria y equipo e instalaciones electromecánicas e hidrosanitarias.

Estas inversiones deberán amortizarse durante la vida útil del relleno sanitario, excepto el caso de maquinaria y equipo la cual deberá amortizarse a un plazo de 5 años.

Para conocer la inversión total (I_t) se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$I_t = C_{\text{terreno}} + C_{\text{preparación}} + C_{\text{construcción}} + C_{\text{maq. y eq.}} + C_{\text{op.}}$$

Donde:

C_{terreno} = costo de adquisición del predio.

$C_{\text{preparación}}$ = costo del acondicionamiento del predio que incluye: despalme, desenraice, excavaciones, movimientos de tierra y caminos de acceso.

$C_{\text{construcción}}$ = suma de costos de edificación de cerca perimetral, caseta de acceso, caseta administrativa y de pesaje, cobertizo, y cimentación de báscula.

$C_{\text{maq. y eq.}}$ = suma de costos de adquisición de báscula, tractores, compactadores, herramienta menor y mobiliario y equipo de oficina.

C_{op} = suma de costos de obras de protección para el manejo y control de aguas pluviales, lixiviados y biogás.

3.18.2 Costos de Operación.

Los costos operacionales del relleno sanitario, incluyen todos aquellos que dependen directamente del funcionamiento del propio relleno; en estos están considerados los que se generan en el equipo utilizado en la extracción, acarreo y colocación del material de cubierta, mantenimientos mayores, combustibles y lubricantes, consumos varios y seguros.

En lo que se refiere a mano de obra los costos corresponden a salarios del personal de recolección y barrido de operadores de vehículos recolectores, barredoras mecánicas y maquinaria para el relleno, del personal administrativo de la oficina de limpia municipal y del personal técnico y administrativo del relleno sanitario.

Para conocer el costo de operación del relleno (CO) se deberá aplicar la siguiente fórmula:

$$CO = S_s + A_e + C_l + R_m + M_r + G_{ad}$$

Donde:

S_s = salarios y prestaciones de los operarios.

A_e = costo del arrendamiento del equipo y maquinaria.

C_l = costo de combustibles y lubricantes.

R_m = costo de reparaciones y mantenimiento preventivo.

M_r = costo del material de cubierta (si no estuviera disponible en el predio).

G_{ad} = gastos administrativos: sueldos y prestaciones del personal administrativo, gastos de papelería y mantenimiento de oficina, costo de servicios (luz, teléfono, correo, etc.)

Para trabajar con costos unitarios (\$/Ton) se deben seguir los siguientes pasos.

1.- Calcular el costo de inversión por unidad (CI_u) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CI_u = \frac{C_{\text{terreno}} + C_{\text{preparación}} + C_{\text{construcción}} + C_{\text{op}}}{\text{Vida útil}} + \frac{C_{\text{maq. y eq.}}}{\text{Vida útil} \times 5 \text{ años}}$$

° La vida útil del relleno será la capacidad de residuos sólidos que contendrá el relleno sanitario, se expresa en toneladas.

2.- Calcular el costo de operación por unidad (CO_u) y para cada período aplicar la siguiente ecuación:

$$CO_u = \frac{S_s + A_e + C_l + R_m + M_r + G_{ad}}{\text{Período} *}$$

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

3.- El costo total unitario (CT_u) se puede calcular como:

$$CT_u = CI_u + CO_u$$

Para obtener el costo por habitante (\$/hab) el costo total unitario (CT_u) deberá multiplicarse por la generación per cápita (ton/hab) de residuos sólidos.

Habrá que aplicar las siguientes consideraciones antes de aplicar las fórmulas indiscriminadamente:

Si el predio donde se establecerá el relleno sanitario se piensa vender al finalizar su vida útil su costo no se deberá incluir para el cálculo del costo de inversión por unidad.

Si de otra manera, el predio no se adquiere sino que se arrienda, el costo del arrendamiento se deberá incluir como un costo de operación.

Si las adquisiciones de predio y maquinaria y equipo o las obras de preparación o protección para el relleno sanitario son financiadas por alguna institución de crédito o fondo financiero, los intereses que causen los préstamos deberán ser considerados dentro de los costos de operación.

3.18.3 Sistemas Tarifarios

Para llevar a cabo un análisis de costo efectivo y confiable por tasa o tarifa siempre será necesario contar con una serie de factores o elementos que permitan realizarlos, ya sea para un análisis de costo por tasa de crecimiento poblacional o para un costo tarifario de recolección unitaria.

Si bien que estos dependen fundamentalmente del crecimiento de población anual de una cierta localidad, también es cierto que estos pueden conocerse a través de métodos establecidos o considerando tasas de crecimiento promedio, de tipo estadístico.

De cualquier forma esto nos permite cuantificar el incremento de generación unitario en los períodos que se deseen, obteniéndose de esta forma los datos suficientes para que al ser relacionados con los costos de operación del sistema de recolección y disposición permitan determinar el análisis de costo por tasa o por tarifa deseada pudiendo ser estos los costos por habitante, por kilogramo o tonelada y por un tiempo determinado.

A partir del resultado del costo total unitario se puede fijar la tarifa que por tonelada o por habitante debe regir.

Esta tarifa se puede determinar anual o semestralmente, adecuándose al presupuesto que para ese período se determine. Es siempre financieramente sano, que los costos se actualicen constantemente (reevaluación) con objeto de fijar tarifas realistas. En estas condiciones, la recuperación se logrará:

- Al término de la vida útil del relleno, si la tarifa que se cobre es igual al costo unitario, aunque la entidad responsable del relleno realizará nuevamente toda la inversión si se requiere hacer un nuevo relleno sanitario.
- Si el costo de inversión unitario se vuelve a sumar a la tarifa, la inversión se habrá recuperado a la mitad del período de la vida útil del relleno y al término, la entidad responsable tendrá fondos propios para hacer un nuevo relleno sanitario.

3.18.4 Sistema de Administración y Control y Vigilancia del Relleno Sanitario

La operación, control y mantenimiento del relleno exige la necesidad de una plantilla de personal estructurada de tal manera que exista una coordinación de funciones y actividades deseadas será que el relleno opere eficientemente. A continuación se indica mediante organigrama la estructuración del personal en el relleno sanitario y las funciones asignadas a cada trabajador.

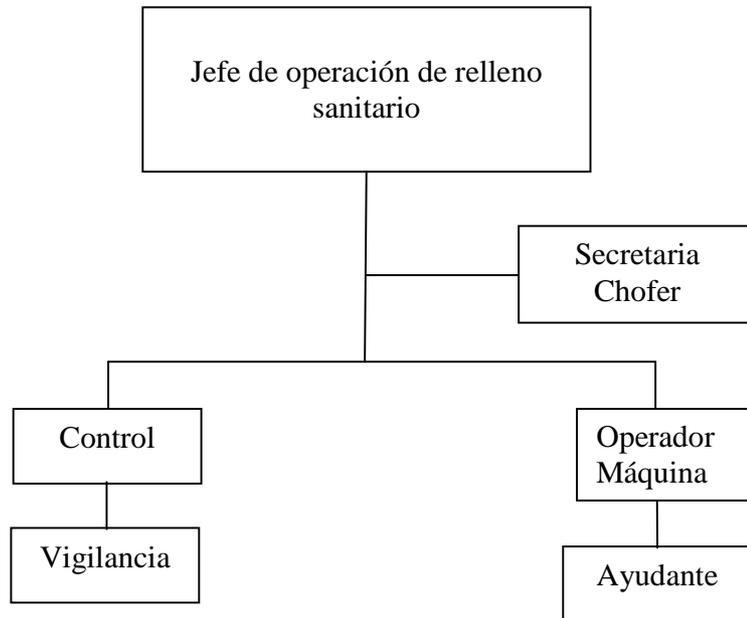


Figura 3.9 Organización Administrativa Para un Relleno Sanitario

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

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 con 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.

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.

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.

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.

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 de 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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 al 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.

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 indiscriminada dentro del establecimiento ni en sus alrededores, por los choferes de los camiones.

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

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 reportará los vehículos particulares que descarguen sus residuos sólidos en las áreas próximas al relleno sanitario.

Estará 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.

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.

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

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.

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.

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.

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.

REGLAMENTO INTERNO DE TRABAJO

Con el objeto de normar actividades, aplicar medidas estrictas de seguridad e higiene y evitar problemas en el funcionamiento del relleno sanitario, es necesario aplicar un manual de operación que deberán observar tanto operadores como choferes, y en general cualquier persona que ingrese a las instalaciones del relleno sanitario.

Los lineamientos que contemplará el manual de operación son los siguientes:

DISPOSICIONES GENERALES

La operación del relleno sanitario debe estar bajo la responsabilidad de personal capacitado.

La operación del relleno sanitario no se suspenderá por ningún motivo.

Deberá existir vigilancia durante las 24 horas del día.

Es necesario contar con una bitácora y un archivo permanente, sobre el funcionamiento del relleno.

RESPONSABILIDAD DEL PERSONAL OPERATIVO

El responsable directo del funcionamiento del relleno sanitario será el Residente General, quien se encargará de:

- Instruir al coordinador y a los operadores para la formación de la celda correspondiente.
- Aplicar correctamente los recursos:

- Mobiliario
- Maquinaria y equipo.
- Mano de obra. Hacer cumplir al personal de operación y a las demás personas que intervengan en el relleno sanitario, el reglamento del mismo.

Controlar el acceso al público y evitar tanto la descarga de residuos sólidos peligrosos, así como el tráfico vehicular no autorizado.

Vigilar que el responsable del mantenimiento de la maquinaria cumpla con su función.

Hacer campañas permanentes para evitar la proliferación de fauna nociva (ratas, insectos, etc.)

Realizar un monitoreo y control ambiental eficiente.

RELATIVO AL ACCESO

Tendrán acceso al relleno sanitario:

- El personal que labore en él, previa identificación.
- Todo vehículo que ingrese al relleno deberá obedecer el señalamiento vial.
- Los vehículos de caja abierta deberán transitar con lona o malla para evitar que los residuos se dispersen.

Se prohibirá la entrada a:

- Pепенadores.
- Menores de edad.
- Vendedores ambulantes.
- Toda persona ajena al funcionamiento del relleno sanitario.
- Comisiones u organismos que no cuenten con autorización oficial.

Se permitirá el acceso de:

- Vehículos distintos a los del servicio de recolección, siempre y cuando pasen por una revisión de los residuos que porten y paguen una cuota por descarga.
- Visitas de inspección.
- Visitas de vigilancia.
- Visitas pedagógicas.

Todas estas visitas serán autorizadas debidamente mediante oficio expedido por las autoridades correspondientes. La administración del relleno sanitario deberá llevar un control diario, de entradas y salidas del personal autorizado, así como de vehículos, llevando un registro de las toneladas de residuos introducidas por cada vehículo.

RELATIVO A LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Se aceptarán en el relleno sanitario sólidos provenientes de:

- Casas-habitación
- Mercados y supermercados.
- Oficinas.

[Escribir texto]

CAPÍTULO 4

PROPUESTA ECOLÓGICA PARA LOS RELLENOS SANITARIOS.

Objetivo:

Indicar una manera más ecológica de realizar y utilizar los rellenos sanitarios mediante el aprovechamiento de las técnicas y recursos al alcance de los municipios y las entidades involucradas, para evitar un mayor deterioro al suelo, los mantos acuíferos, el aire y al el ecosistema en general.

4.1 Política Oficial del Gobierno Mexicano en Relación al Manejo de Residuos.

El gobierno del presidente de los Estados Unidos Mexicanos, Felipe Calderón Hinojosa presentó en Cozumel, Quintana Roo el 1° de marzo de 2007 el documento:

“Política y Estrategias para la Prevención y Gestión Integral de Residuos en México.”

Lic. Felipe Calderón Hinojosa Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos

Ing. Juan Elvira Quesada Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT

Ing. Sandra Denisse Herrera Flores Subsecretaria de Fomento y Normatividad Ambiental – SEMARNAT

Lic. Mauricio Limón Aguirre Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental– SEMARNAT

© Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2007

Se autoriza la reproducción parcial o total, citando la fuente de referencia

POLÍTICA Y ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS EN MÉXICO

INTRODUCCIÓN:

El Presidente Felipe Calderón, durante los últimos días de la campaña por la Presidencia de la República, presentó a la sociedad mexicana el documento titulado “100 acciones para los primeros 100 días de gobierno”, el cual presenta y reúne propuestas concretas para atender los problemas más urgentes de la nación.

Estas acciones fueron agrupadas en cinco ejes principales: 1) Estado de Derecho y Seguridad Pública; 2) Economía Competitiva y Generadora de Empleos; 3) Igualdad de Oportunidades; 4) Desarrollo Sustentable; 5) Democracia Efectiva y Política Exterior y Responsable, que tienen como propósito una democracia que responda plenamente a los ciudadanos y que se traduzca en mayor desarrollo, justicia y equidad para toda la sociedad.

Con el fin de contribuir al Desarrollo Sustentable, la SEMARNAT en cumplimiento de la acción 87, cuyo objetivo es delinear una estrategia para el manejo de residuos sólidos y establecer el Programa Nacional de Manejo de Residuos Sólidos y Peligrosos, elaboró este documento el cual detalla la Política y Estrategias para la Gestión Integral de los Residuos, base indispensable para la elaboración del Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR).

[Escribir texto]

El PNPGR estará apegado a los lineamientos que establezca el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012 y dará cumplimiento a lo estipulado por la Ley de Planeación en cuanto a la integración del Sistema Nacional de Planeación Democrática, específicamente a lo dispuesto en su artículo 20, el cual establece que se dará lugar a la participación y consulta de los diversos grupos sociales con el propósito de que la población exprese sus opiniones para la elaboración, actualización y ejecución de dicho Programa.

La Política Ambiental en materia de residuos está basada en los principios de reducción, valorización y responsabilidad compartida así como en la prevención y gestión integral de los residuos, que incluye entre otras cosas finanzas sanas, para lograr un servicio sustentable; educación ambiental, para integrar la participación de la sociedad; comunicación social adecuada, para conocer los beneficios de esta gestión; y un marco legal que permita construir un país en orden.

Asimismo, establece la necesidad de generar y publicar información objetiva y confiable en la materia; definir la responsabilidad compartida de todos los actores; una producción más limpia y el consumo sustentable; una coordinación intersectorial y principalmente la coordinación con los gobiernos estatales y municipales; el derecho a la información para toda la población; y el fomento a la participación activa de los diferentes sectores de la sociedad.

Es muy grato para el Gobierno Federal presentar la Política Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en México, para lo cual agradecemos el trabajo de las

Subsecretarías de Planeación y Política Ambiental, de Gestión para la Protección Ambiental y de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, las diferentes Direcciones Generales de esta Secretaría involucradas en la atención de este tema, así como la colaboración y participación del Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ), todos ellos aportando su visión y conocimiento en la materia para lograr así un anhelado México Limpio.

Ing. Juan Rafael Elvira Quesada Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Cozumel, Quintana Roo a 1º de marzo del 2007

4.1.1. Contexto Actual y Perspectivas

El proceso de desarrollo que se ha presentado en México a partir de la segunda mitad del Siglo XX ha derivado en un importante crecimiento económico, mismo que ha estado acompañado de una dinámica de industrialización, del crecimiento de los servicios y de un rápido proceso de urbanización. Estos beneficios del crecimiento económico han estado acompañados de mayores niveles de consumo y de la creciente demanda de materias primas y de bienes y servicios. Sin embargo, este crecimiento también ha derivado en una serie de problemas tales como la generación y el manejo de residuos, entre estos últimos tenemos la disposición inadecuada que afecta directa o indirectamente a la salud de la población por la exposición a organismos patógenos, metales pesados y sustancias tóxicas, que se dan por la contaminación del suelo, agua y aire; así como del riesgo asociado de residuos con características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables o explosivas.

México tiene la posibilidad de iniciar el tercer milenio y el Siglo XXI con una política en materia de residuos que reduzca al máximo su generación y disposición final como basura y se oriente hacia su recuperación y valorización como recursos susceptibles de reutilización, reciclado y aprovechamiento de su poder calorífico o utilización como

[Escribir texto]

combustible alternativo. Con ello, transformará el problema derivado de su creciente volumen y de la saturación continua de los sitios de disposición final, en una oportunidad de fortalecimiento de cadenas productivas que son fuente de ingresos, empleos y negocios.

Al adoptar dicha política, se estará dando cumplimiento a lo dispuesto en la Agenda 21 sobre manejo ambientalmente adecuado de residuos peligrosos y residuos sólidos. Al mismo tiempo, se seguirá el enfoque estratégico para la prevención de la generación de residuos, que alienta la adopción de mejores prácticas de consumo y producción, promovido en el seno de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de la cual México forma parte desde 1994.

Esta política permitirá al país reducir la presión que se ejerce sobre los recursos naturales de los cuales se extraen las materias primas con las cuales se fabrican los productos de consumo y sus envases y embalajes que actualmente se desechan como basura, al mantenerlos en la actividad económica como subproductos o materiales secundarios que se pueden aprovechar. A la vez, disminuirá la presión sobre los servicios de limpieza, que resulta del volumen considerable de residuos que genera una población en continuo incremento y derivados de la importación y producción de productos y envases fabricados con materiales novedosos no biodegradables o de lenta degradación.

La adopción de la responsabilidad compartida diferenciada entre los distintos actores en la gestión integral de los residuos, particularmente de aquellos que son grandes generadores, así como en la orientación de ésta hacia la *Reducción, Reutilización y Reciclado* (3 Rs), a través de sistemas de manejo integral ambientalmente adecuados, económicamente viables y socialmente aceptables, permitirán su sustentabilidad y contribuirán a eliminar la práctica riesgosa de la disposición final de los residuos en tiraderos a cielo abierto.

TABLA 4.1 GENERACIÓN DE BASURA POR HABITANTE EN MÉXICO

EN ZONAS RURALES	EN ZONAS METROPOLITANAS	RESIDUOS POR DÍA
0.4 kg.	1.5 kg.	0.9 kg.

(Diagnóstico básico preliminar de carácter oficial), carácter oficial

1 Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Instituto Nacional de Ecología (INE) Varios Autores México 2006.*

El crecimiento económico ha derivado en una serie de problemas tales como la generación y el manejo de residuos, entre estos últimos tenemos la disposición inadecuada que afecta directa o indirectamente a la salud de la población.

En el país se producen cerca de 95 mil toneladas de basura al día, lo que significa alrededor de 35 millones de toneladas de residuos al año.

[Escribir texto]

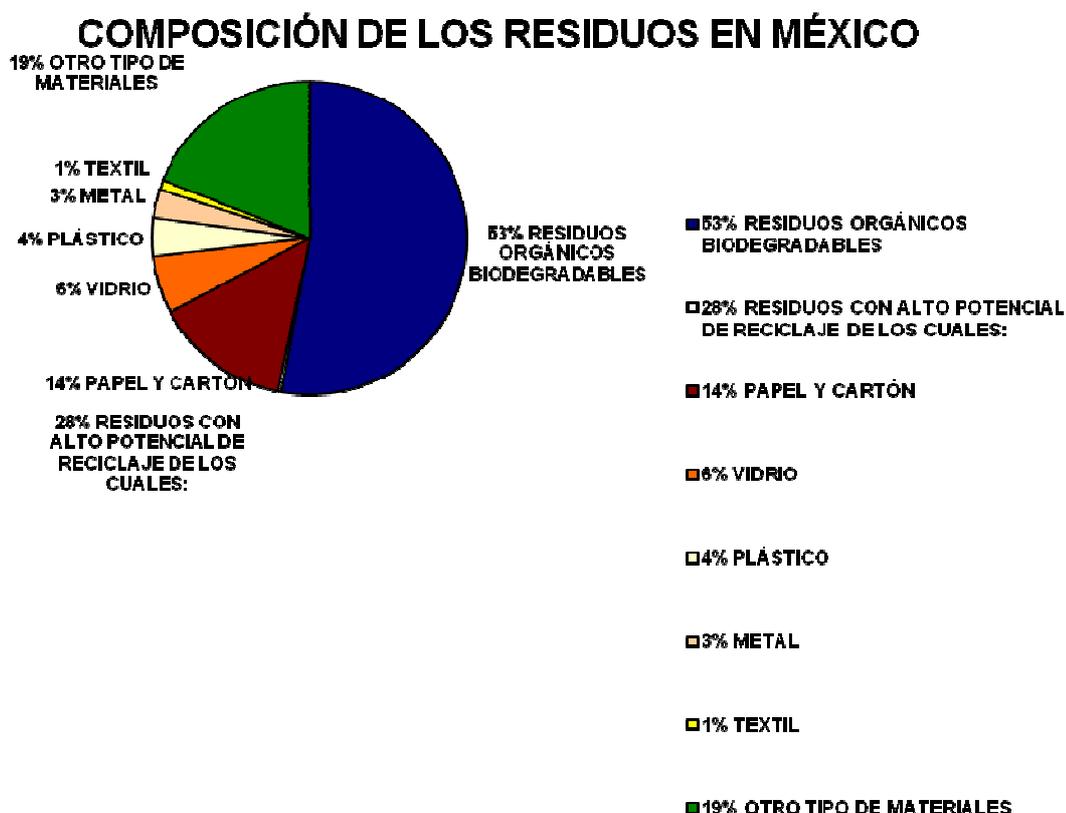


FIGURA 4.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS EN MÉXICO

TABLA 4.2 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS EN MÉXICO

RESIDUOS CON ALTO POTENCIAL DE RECICLAJE, DE LOS CUALES:	RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES	OTROS MATERIALES
14% PAPEL Y CARTÓN	53%	19%
6% VIDRIO		
4% PLÁSTICO		
3% METAL		
1% TEXTIL		

En general, el manejo de los residuos en el país se reduce a la recolección y su disposición final; sin embargo en algunas ciudades el manejo incluye también el tratamiento y su valorización.

Del total de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial se estima que se recolecta el 87% y que el restante es dispuesto por los mismos generadores. Asimismo, de los residuos recolectados, se estima que el 64% se dispone en rellenos sanitarios y sitios controlados y que el restante 36% se dispone de manera inadecuada en tiraderos a cielo

[Escribir texto]

abierto. Se estima que en nuestro país se cuenta con 88 rellenos sanitarios y 21 sitios controlados; sin embargo, los gobiernos estatales se encuentran en el proceso de revisión de los planes de regularización con el fin de corroborar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Derivado de lo anterior, el manejo integral de los residuos sólidos es una de las tareas pendientes que atenderá esta administración de manera decidida buscando la coordinación de las entidades federativas y sus municipios, así como la participación corresponsable de todos los actores involucrados.

En relación al manejo de residuos peligrosos su clasificación se lleva a cabo a través de sus características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico-Infeciosa (CRETIB), establecida en la NOM- 052-SEMARNAT-2005. Con la entrada en vigor de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (enero de 2004) se establece que las autoridades de los tres órdenes de gobierno, en el ámbito de sus respectivas competencias, integrarán el Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos, que contendrá la información relativa a la situación local, los inventarios de residuos generados y la infraestructura disponible para su manejo entre otros, dicho inventario, integrará también la información proporcionada por los generadores en los formatos correspondientes. Por tal razón, la SEMARNAT, ha sistematizado la información de generación de residuos peligrosos mediante la Cédula de Operación Anual (COA). El primer reporte COA generado en el año 2004, registró aproximadamente 15805,246 (ton/año), reportado por 9,542 empresas. Cabe señalar que estos datos son preliminares y se irán ajustando en la medida en que se cuenten con los sistemas de información necesarios para captar todos aquellos datos que provengan no solamente de los grandes generadores, sino también de los micro y pequeños generadores².

Al igual que para residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en materia de residuos peligrosos sigue faltando el desarrollo y la consolidación de sistemas electrónicos de información, con el fin de promover eficientemente la inversión en infraestructura, la valorización y el aprovechamiento de residuos, mediante el fortalecimiento y en su caso el desarrollo de mercados para subproductos; la revisión y actualización del marco jurídico de residuos peligrosos, el fortalecimiento de la gestión (sistematización y automatización de trámites), la concientización y participación ciudadana y el reforzamiento para la aplicación de la ley.

TABLA 4.3 AUTORIZACIONES PARA INFRAESTRUCTURA A NIVEL NACIONAL (2006)²

474 Para recolección y transporte
136 Para almacenamiento (centros de acopio)
286 Para reciclaje con una capacidad de 2,882,591.00 (ton/año)
59 Para incineración con una capacidad autorizada de 75,460.00 (ton/año)
13 Para reuso con una capacidad autorizada de 500,435.00 (ton/año)
197 Para tratamiento con una capacidad autorizada de 4,277,451.00 (ton/año)
6 Para confinamiento con una capacidad autorizada de 421,600.00 (ton/año)
1,171 Total de autorizaciones

[Escribir texto]

2 Informe de la Dirección General para la Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (SEMARNAT) México 2007

DESAFÍOS PARA LOGRAR LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS EN México

- Reducir la creciente generación de residuos;
- Establecer una planeación estratégica;
- Consolidar la infraestructura para el manejo integral de los residuos en todo el territorio nacional en donde se generen residuos, con la participación de la iniciativa privada y del sector social;
- Implementar mecanismos efectivos de coordinación intersectorial (sector social, de salud y económico);
- Disminuir la inadecuada disposición final de los residuos;
- Fortalecer los servicios de limpia en las distintas localidades del país;
- Profesionalizar y capacitar de manera continua al personal involucrado en la prestación de los servicios de manejo de residuos;
- Asegurar mecanismos efectivos de vigilancia, control y sanción en torno a los residuos;
- Incentivar la valorización de residuos y los mercados correspondientes;
- Desarrollar sistemas de información confiables y accesibles para sustentar la toma de decisiones y orientar los mercados de servicios ambientales;
- Actualizar, adecuar y, en su caso, establecer el marco legal en la materia a nivel local;
- Inducir la adopción de instrumentos financieros acordes a las necesidades de los sistemas de gestión integral de los residuos;
- Fomentar y facilitar la participación de la iniciativa privada en el mercado para incrementar la valorización y comercialización de subproductos;
- Impulsar la puesta en práctica de la responsabilidad del productor (3Rs, producción más limpia, empresas socialmente responsables) y
- Multiplicar y premiar la participación social informada y organizada en la gestión de los residuos a nivel local.

4.1.2. Marco Legal

México cuenta a nivel federal con un marco jurídico general para la prevención y gestión integral de los residuos, que se sustenta en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Este marco incluye a la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los reglamentos correspondientes, así como las Normas Oficiales Mexicanas que se aplican en todo el territorio. El marco legal en las entidades federativas se encuentra en desarrollo con la creación de nuevas leyes estatales o la modificación de las legislaciones ambientales existentes y la elaboración o modificación de las regulaciones municipales correspondientes.

Asimismo, aplican como legislación nacional una serie de Tratados Internacionales que el Gobierno de México ha suscrito con la aprobación del Senado, entre los que se encuentran el Convenio de Basilea, sobre movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su disposición; el Convenio de Estocolmo, sobre contaminantes orgánicos persistentes, el Protocolo de Kyoto, sobre cambio climático y el Protocolo de Montreal,

[Escribir texto]

sobre sustancias que deterioran la capa de ozono, de los cuales se derivan una serie de obligaciones relacionadas directa o indirectamente con la gestión y manejo de los residuos.



FIGURA 4.2

4.1.3. Principios Rectores de la Política

El desarrollo sustentable de México depende de la conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales y la protección de sus ecosistemas, para lo cual es necesario promover cambios en los modelos de consumo y producción, así como establecer sistemas para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, que sean ambientalmente adecuados, técnicamente factibles, económicamente viables y socialmente aceptables.

Por tal razón, se define como política nacional en materia de residuos la reducción, reutilización y reciclado de los mismos, enmarcados en sistemas de gestión integral en los que aplica la responsabilidad compartida diferenciada entre los distintos actores y órdenes de gobierno, para el logro de un desarrollo sustentable.

Lo anterior conlleva al desarrollo, entre otras acciones, del Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, de manera incluyente, participativa, transversal y en apego a las disposiciones legales aplicables y a los acuerdos internacionales relacionados.

La jerarquía para el manejo integral de los residuos, se basa en la prevención, reducción, reutilización, reciclaje, tratamiento, recuperación del valor energético y disposición final, llevándose a cabo de acuerdo a las circunstancias particulares de cada localidad.

[Escribir texto]

EL GOBIERNO FEDERAL PRESENTA A LA SOCIEDAD MEXICANA LOS SIGUIENTES PRINCIPIOS DE POLÍTICA PARA LA ADECUADA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

- Fortalecimiento del marco jurídico y normativo
- Planeación estratégica de programas para la gestión integral de los residuos y planes de manejo
- Educación y capacitación para la gestión integral de los residuos
- Prevención y reducción de la generación de residuos
- Aprovechamiento y valorización de subproductos
- Prevención y reducción de la generación de residuos
- Aprovechamiento y valorización de subproductos
- Tratamiento ambientalmente adecuado de los residuos
- Importación y exportación de acuerdo a compromisos internacionales
- Disposición final ambientalmente adecuada
- Consideración del ciclo de vida de los materiales
- Responsabilidad compartida de todos los actores
- Producción más limpia y consumo sustentable
- Aplicación del principio precautorio
- Derecho de acceso a la información
- Coordinación intra e intersectorial y entre los tres órdenes de gobierno
- Participación ciudadana
- Se debe de lograr el cabal cumplimiento de los compromisos y obligaciones adquiridos por México a través de convenios internacionales relacionados con el manejo de sustancias y residuos peligrosos.

4.1.4. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la conservación y recuperación de los recursos naturales y la minimización de los impactos y riesgos a la salud y al medio ambiente, a través de la prevención y gestión integral de los residuos, mediante esquemas de responsabilidad compartida de los diferentes actores de la sociedad, colaborando así al desarrollo sustentable de la nación.

Implementar la política de la reducción de residuos, reutilización, valorización y el tratamiento de subproductos bajo la filosofía de las 3 Rs

Objetivos específicos

A. Que se promuevan los instrumentos legales y económicos para prevenir y minimizar la generación de residuos respondiendo a las necesidades, prioridades y circunstancias del país.

B. Que se fomente la gestión integral de los residuos sustentada en los principios rectores de la política.

C. Que se implemente la política de la reducción de residuos, reutilización, valorización y el tratamiento de subproductos bajo la filosofía de las 3 Rs.

D. Que se maximice la valoración de subproductos contenidos en residuos para reciclados de calidad.

[Escribir texto]

E. Que se promueva la consolidación de la infraestructura para el manejo integral de residuos de manera ambientalmente adecuada y acorde a las necesidades de los distintos generadores en el país.

F. Que se promueva la participación activa e informada de los tres órdenes de gobierno y de todos los actores de la sociedad para lograr el manejo integral de los residuos.

G. Que se logre el cabal cumplimiento de los compromisos y obligaciones adquiridos por México a través de convenios internacionales relacionados con el manejo de sustancias y residuos peligrosos.

H. Que se integre al Sistema Nacional de Información Ambiental, el subsistema de información nacional sobre la gestión integral de los residuos, que permitan diseñar indicadores ambientales en la materia.

I. Que la iniciativa privada y las organizaciones sociales participen de manera activa y comprometida en la gestión integral y sustentable de los residuos.

J. Que se promueva la educación ambiental para el adecuado manejo integral de residuos.

4.1.5 Estrategias y Líneas de Acción

La gestión integral de los residuos, requiere del establecimiento de estrategias que permitan fortalecer la comunicación, coordinación y participación de toda la sociedad mexicana, con el fin de generar soluciones a la problemática actual relacionada con la gestión de los residuos de una forma eficaz, efectiva, eficiente y responsable, para lo cual se plantean las siguientes estrategias:

Gobierno en sus tres órdenes:

1. Planeación de los sistemas de gestión integral de los residuos y de los planes de manejo con visión a largo plazo.

2. Coordinación interinstitucional efectiva.

3. Convenios de colaboración entre los tres órdenes de gobierno, instituciones y sector privado.

4. Subsistemas de información nacional sobre la gestión integral de residuos

5. Fortalecimiento institucional.

6. Capacitación continua.

7. Aprovechar el sistema de educación formal para introducir el tema de residuos.

8. Mecanismos de financiamiento acordes a las necesidades.

9. Sistemas integrales de manejo ambiental.

10. Calidad en la prestación de los servicios.

11. Desarrollo de sistemas integrados de prestación de servicios públicos (esquemas intermunicipales, organismos operadores descentralizados, entre otros) y privados.

Sociedad en general:

1. Educación y capacitación ambiental orientadas al consumo sustentable, prevención y manejo ambientalmente adecuado de los residuos.

2. Fortalecimiento de la investigación en ciencia y tecnología para el desarrollo de capacidades en la materia.

3. Redes de participación ciudadana.

4. Acceso público a la información.

Sector privado:

[Escribir texto]

1. Mecanismos de responsabilidad compartida.
2. Inversión privada.
3. Fomento de mercados de reciclaje.
4. Responsabilidad extendida al productor.
5. Aprovechamiento energético y coprocesamiento.
6. Producción más limpia para la no generación de residuos.
7. Incentivos económicos y de otra índole.

MARCO LEGAL:

1. Fortalecimiento y aplicación del marco legal federal, estatal y municipal.
2. Regulación de empaques y embalajes.
3. Regulación de residuos de manejo especial.
4. Regulación de residuos peligrosos domésticos y de establecimientos micro generadores.
5. Mejorar y fortalecer la fiscalización en materia de residuos.

4.2 Propuesta Ecológica.

Partiendo de esta política oficial y tomando en cuenta el presente trabajo, procederé a la propuesta de esta tesis.

- Propongo que los vehículos utilizados para la recolección de los residuos sólidos sean más modernos y contaminen menos, tanto por la combustión interna ineficiente como por el ruido que generan.
- Asimismo, que dichos vehículos tengan una mejor apariencia y estén más protegidos (pues se cubre la parte superior de la caja de los trailers con una lona insuficiente para cubrir el área de dicha caja) para que no vayan regando los residuos por las vialidades por donde transitan.
- Proporcionar un mantenimiento constante a los vehículos recolectores para que no causen un entorpecimiento del tráfico por averías y fallas mecánicas.
- Propongo que los rellenos sanitarios cuenten con plantas de tratamiento de lixiviados para que los lixiviados no se viertan directamente al relleno sanitario en el material de cubierta ya que esto solo genera mayor contaminación tanto del suelo como de los mantos freáticos y por ende de los mantos acuíferos. Que las “pipas” utilizadas para este propósito se utilicen para el transporte de dicho lixiviado a una planta de tratamiento de lixiviado más próxima, si el relleno sanitario no cuenta con una planta de tratamiento de lixiviados.
- Que la única planta de tratamiento de lixiviados que existe en los Estados Unidos Mexicanos cuide el ambiente por medio de una mejor planeación, una mayor asignación de recursos y una mayor participación de instituciones docentes y de investigación, como la Universidad Nacional Autónoma de México, y otras; que se le brinde mayor apoyo por parte de la Dirección General de Servicios Urbanos y del Gobierno Federal. Esto lo propongo porque al influente (lixiviado) se le adicionan más sales y ácidos (H_2SO_4 ; $NaClO$; $Al_2(SO_4)_3$; $FeCl_3$; $NaOH$) de los que ya contiene el lixiviado y al fin de cuentas no se le da un buen uso (para riego de caminos o de algún otro modo), debido en parte a la gran cantidad de sales que

[Escribir texto]

contiene y porque tampoco se cuenta con la infraestructura necesaria para dicho fin. Igualmente los lodos que genera dicha planta son vertidos a la laguna de regulación que se encuentra en las inmediaciones de la Planta de Tratamiento de Lixiviados dando una información falseada a la sociedad y a las autoridades correspondientes (DGSU, GDF, CONAGUA, etc.).

En la operación de los rellenos sanitarios, uno de los problemas que se presentan es el manejo del biogás que genera la descomposición de los residuos, el cual está integrado por dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) principalmente, en proporciones más o menos iguales (50-50%), el cual se diluye en la atmósfera y forma parte de los gases de efecto invernadero; es el metano el más representativo, ya que tiene 21 veces más poder de retención de calor que el dióxido de carbono.

En el balance de la ecuación química, al quemar el biogás, de cada molécula de metano obtenemos como resultado vapor de agua, sólo una molécula de dióxido de carbono y 192 kilocalorías, y dado que tiene más poder de retención de calor que el dióxido de carbono, se reduce el efecto de gas invernadero hasta en un 90%.

En el entorno global, la atención de los países y organismos internacionales a los procesos de cambio climático se ha centrado en el control de la emisión de gases de efecto invernadero. Base de ello es el protocolo de Kioto, donde se establece la política, los mecanismos e instrumentos tecnológicos y financieros para atender la problemática de este fenómeno responsable en parte del calentamiento global de la atmósfera y del cambio climático. Una alternativa viable para reducir las emisiones de este gas es su utilización en la generación de energía eléctrica, lo cual se lleva a cabo en diversos países desarrollados, como en Estados Unidos, donde existen más de 300 plantas de generación de energía eléctrica con biogás. Para impulsar esta alternativa en países en vías de desarrollo, el Banco Mundial (BM), por medio del Global Environmental Facility (GEF), ha promovido proyectos piloto en diversos países. Un ejemplo de ello es la “Planta de Captación de Biogás”. Debido a ello propongo que en los rellenos sanitarios se capte el biogás que se genera y aprovechar dicho combustible para generar energía eléctrica como en el caso de la planta de captación de biogás que ya existe en nuestro país y presento en el siguiente informe:

“Planta de Captación de Biogás - Energía limpia

El Gobierno de México llevó a cabo, con ayuda del Banco Mundial, un programa para solucionar algunas de las causas del manejo inadecuado de desechos sólidos. Como complemento de este programa, el Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés), financió el diseño y operación de un proyecto piloto de captura y uso de biogás en un Relleno de la ciudad de Monterrey, Nuevo León para la reducción de emisiones de gas de efecto invernadero.

Monterrey fue seleccionado a partir de un conjunto de 28 ciudades con potencial de aprovechamiento de biogás en sus sitios de disposición final. Desde una celda cerrada de 44 hectáreas del relleno sanitario los gases provenientes de los residuos alimentan una planta de generación eléctrica con una capacidad de siete megavatios.

La planta comenzó a operar en septiembre de 2003 y desde entonces su funcionamiento ha superado los parámetros de desempeño fijados originalmente.

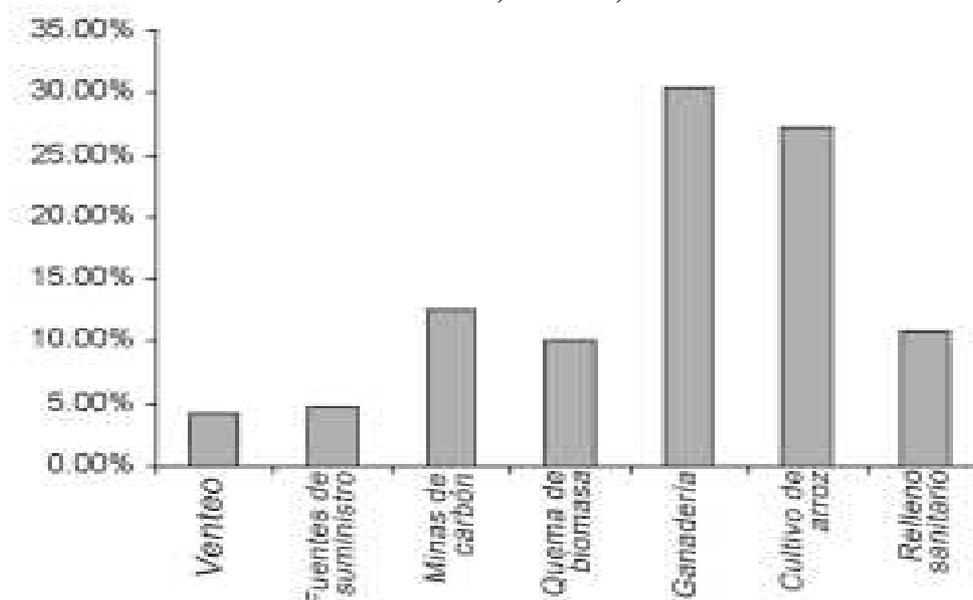
En su operación se han destruido cerca de 600,000 toneladas de dióxido de carbono (hasta el 30 de marzo de 2006) y se han generado 150 mil gigawatts. La energía eléctrica generada se utiliza para el alumbrado público de la ciudad de Monterrey y parte se utiliza también para proporcionar potencia al sistema de transporte Metro (Metrorrey).

[Escribir texto]

La estrategia de replicación ha permitido la apertura de tres sitios nuevos, apoyados con financiamiento respaldado por el Protocolo de Kyoto.

Fuentes: Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenamiento del Territorio Informe 2005. El manejo de los Residuos Sólidos Urbanos Captación y Uso del Biogás del Relleno Sanitario Clausurado, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. Presentación Ing. Gustavo Rosiles Castro Curso JICA-CENICA Nov. 2006 Visitas Técnicas a Relleno Sanitario Bordo Poniente, Relleno y Planta de Reciclado de Monterrey Banco Mundial <http://web.worldbank.org>

Figura 4.3 Emisiones mundiales de metano por fuente en 1994
Marlan et. al, CDIAC, 2003*



*Venteo se refiere en esta gráfica al venteo en las plantas procesadoras de hidrocarburos.

Fuentes de suministro, de combustibles fósiles. A partir del desarrollo del proyecto de biogás de Monterrey, diversas ciudades en México se han interesado en llevar a cabo proyectos similares, así podemos señalar a Aguascalientes, Ciudad Juárez, León, Chihuahua y Querétaro cuentan ya con estudios de factibilidad, y en Vallarta y Cuautitlán Izcalli también se están realizando.

Todo esto es con el objetivo de estabilizar la concentración de los gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que impida interferencias con el sistema climático, tomando como base los registros de 1990.

[Escribir texto]

Tabla 4.4 Composición de los GEI

Composición de los GEI	Potencial de calentamiento
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21
Óxido nitroso (N ₂ O)	310
Hidrofluorocarbonos (HFC)	11700
Perfluorocarbonos (PFC)	7500
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	23900
Clorofluorocarbonos (CFC)	

La medición de la reducción de los GEI se mide a través de toneladas equivalentes de bióxido de carbono (CO₂), y todo proyecto que incida en la reducción de los GEI se evalúa en función de CO₂ equivalente que disminuye la producción de gases.

- Propongo que primero se den las condiciones adecuadas para una mejor recolección de los residuos sólidos, y después se adopten leyes que protejan el ambiente en ciudades y el entorno en que vivimos.
- Que cada uno de los establecimientos comerciales por muy pequeños que sean tengan recipientes en lugares accesibles pero que no entorpezcan el tránsito de vehículos y personas para poder depositar los residuos de transeúntes y de los que ahí laboran, y de no ser así que se impongan sanciones económicas.
- Que los productores y/o usuarios de empaques, envolturas, así como de embalajes, se encarguen de producir y/o tratar adecuadamente sus propios desechos, tanto sólidos como líquidos o gaseosos, a fin de disponer de ellos de forma adecuada.
- Que en zonas no comerciales se coloquen por parte de las autoridades competentes recipientes adecuados para depositar los desechos sólidos cada dos calles, así no se tendrá excusa para ensuciar las calles o cualquier zona por donde transiten los peatones o donde haya gente.
- Que desde la familia, casa hogar, preprimaria, primaria y secundaria se enseñe la cultura ecológica, de ese modo los adultos jóvenes podrán seguir este ejemplo y tendremos un país más limpio en un futuro inmediato.
- Que el gobierno tenga mayor injerencia en los asuntos de las “cooperativas” de los pepenadores como las siguientes:
 - “Frente Único de Peperadores A.C.”
 - “Asociación de Selectores de Desechos Sólidos de la Metrópoli A.C.”
 - “Unión de Peperadores del Distrito Federal Rafael Gutiérrez Moreno A.C.”

Debido a que el líder controla el proceso de comercialización y también mantiene la forma de distribución de los rendimientos económicos y del funcionamiento de la disposición final. En esta distribución, el líder y sus ayudantes, nombrados, concentran para sí una parte importante de los beneficios. Esta organización, que aparentemente opera como cooperativa, no es tal, ya que los peperadores no son socios y los beneficios no se distribuyen como en una cooperativa. Se trata de una empresa privada informal que prácticamente es propiedad del líder y en este entorno, no paga impuestos, ni cotiza para el pago de beneficios sociales de su personal. Esto no es bueno para poner orden y controlar los residuos sólidos. Inclusive los grupos de peperadores están bien organizados en los

[Escribir texto]

grandes tiraderos y pueden llegar a tener una fuerza significativa. Un ejemplo de ello se dio hace algunos años en el relleno sanitario Santa Catarina, en donde las autoridades municipales no tenían derecho a disponer su basura. En este lugar, las autoridades recibían solamente un permiso temporal, o en el mejor de los casos, si pagaban una determinada cantidad en efectivo o en especie (maquinas de lavar ropa, refrigeradores, juguetes para los niños etc.) a la Unión de Pепенadores la Unión de Pепенadores del Distrito Federal Rafael Gutiérrez Moreno A.C. En el relleno sanitario Bordo Poniente, los trabajadores formales de limpia -aquellos empleados por la Dirección General de Servicios Urbanos que constituyen la Sección 1 del Sindicato Único de Trabajadores del DF- recuperan subproductos reciclables de los residuos y obtienen ciertos ingresos con la venta de los mismos. (Wamsler.2000)

Propongo que se lleven a cabo las investigaciones y estudios de la contaminación de los acuíferos de la Ciudad de México y de los municipios de los estados donde los rellenos sanitarios impactan el medio y se tomen medidas encaminadas a solucionar esta contaminación que sin duda existe.

De acuerdo con el estudio “Situación que guarda el acuífero en el Valle de México”, de la revista INGENIERÍA CIVIL, menciona que una de las principales acciones realizadas por la CNA durante los últimos años en lo que se refiere a las aguas del subsuelo ha sido el conocimiento de los principales acuíferos del país.

Se han identificado aproximadamente 600 acuíferos en la República Mexicana, de los cuales 450 destacan por su extensión, capacidad e importancia. La recarga natural promedio de los acuíferos es de 53 km³/año, que sumada a la recarga inducida en zonas de riego, estimada del orden de 15km³/año, resulta en un total de 68km³/año.

De acuerdo a los estudios y experiencias, las características geohidrológicas de las rocas que conforman la Cuenca del Valle de México, al diferir unas de otras por sus propiedades físicas e hidrológicas llevan a concluir que los acuíferos existentes en la Ciudad de México, pueden dividirse en freáticos y confinados o semi-confinados. En los primeros el agua proviene principalmente de la infiltración directa de las lluvias que caen sobre el terreno subyacente y penetran verticalmente sobre el manto, en los confinados o semi-confinados el agua llega al acuífero principalmente por flujo lateral. Así los acuíferos pueden agruparse en cuatro tipos básicos:

Acuífero Andesítico (Zona Norte y Poniente)

Acuífero Tarango (Zona Poniente)

Acuífero Aluvial (Zona Centro)

Acuífero Basáltico (Zona Sur, Sureste)

Entre los acuíferos anteriores existen los de transición, debido a cambios litológicos interdigitados.

El balance nacional de agua subterránea es positivo ya que la extracción representa sólo el 53% de la recarga natural. Sin embargo, al estar intercomunicados los acuíferos por fracturamiento, o por sus características litoestratigráficas se han venido realizando recargas de aguas residuales tratadas de la Planta Cerro de la Estrella en el Distrito Federal y Módulo experimental de tratamiento Terciario en Texcoco Estado de México.

La recarga de acuíferos ha generado diversas consecuencias. Dentro de ellas se encuentra el impacto ecológico irreversible de las primeras décadas de sobreexplotación que se tradujo en agotamiento de manantiales, desaparición de lagos y humedales, reducción de los caudales base de los ríos, eliminación de vegetación nativa y pérdida de

[Escribir texto]

ecosistemas. Asimismo la sobreexplotación ha ocasionado que la calidad del agua de numerosos acuíferos se haya deteriorado principalmente por intrusión salina y migración de agua de mala calidad inducida por los efectos del bombeo y por la contaminación difusa generada en las ciudades y zonas agrícolas.

En el Valle de México se identifican 13 acuíferos: 6 en el Valle de México y 7 en Tula. Ambas regiones reciben una recarga de agua de agua subterránea considerable de 700 y 340 Mm³/año, respectivamente. Por lo que cubrir la creciente demanda de agua en el Valle de México se ha recurrido a la explotación excesiva de este recurso y desde la década de los 50's a la importación de agua de otras regiones.

Cabe señalar que las zonas que representan los más altos índices de sobreexplotación son el Distrito Federal y los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapán de Zaragoza y Ecatepec.

Las zonas de recarga natural de los acuíferos son:

Al sur, las aguas provenientes de la sierra de Chichinautzin en la dirección sur a norte; la Sierra de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo al poniente.

Al norte, las de las Sierras de Tezontlalpan y Pachuca cuyo flujo converge a la región de Cuautitlán

Al oriente las subcuencas de 11 ríos del Coatepec al de San Juan Teotihuacan

Por tanto es necesario cuidar este recurso valioso y vital y evitar a toda costa la contaminación innecesaria por los rellenos sanitarios.

Cuando los rellenos sanitarios se encuentren en la etapa de recuperación o saneamiento (sanación como también se le llama), se verifique que la flora nativa y de ser posible también la fauna no sufran alteración o que esta sea la menor posible en lugar de traer flora de otras partes o hasta de otros países (como en el caso de la Ciudad de México y el Valle de México sucede que tenemos por ejemplo el eucalipto, populus, etc. –árboles nativos de Australia y Canadá respectivamente-). En ese caso que mejor se introduzcan especies benéficas para la recuperación de los rellenos sanitarios y de aprovechamiento humano como puede ser el romero, los nopales, las verdolagas o los magueyes entre otros y así para cada clima o ecosistema en particular.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Objetivo:

Resumir y sintetizar el trabajo de esta tesis a través de unos cuantos párrafos y mencionar algunos datos menos evidentes.

A través de este trabajo se ha indicado la problemática de la basura en la Ciudad de México y de todo el país a groso modo.

Queda claro que el método de disposición final en los rellenos sanitarios es una forma segura de tratar el problema de la basura, que requiere la participación en equipo de las autoridades y de profesionales de diferentes disciplinas ya que se trata de un problema complejo.

Este método que cuenta con algunos detractores, sobre todo de aquellos que piensan en la vieja solución de “entierra y olvida” se basa en una premisa completamente falsa por carecer de una visión completa de lo que implica un relleno sanitario así como de sus alcances e implicaciones.

También tenemos algunas de las conclusiones a las que han llegado algunas autoridades, que por cierto se han estado interesando cada vez más en los problemas de índole ecológica, así como instituciones internacionales, por ejemplo en el caso del aprovechamiento del biogás se realizó el Primer Coloquio Internacional sobre la conversión a electricidad del gas producido en los rellenos sanitarios en México. Éste se efectuó en octubre del año 2002, en Aguascalientes, en colaboración con las autoridades del H. Ayuntamiento de esa ciudad, con el apoyo de la Secretaría de Energía y de las autoridades del IIE.

Al coloquio asistieron más de 150 delegados, procedentes de Estados Unidos, Canadá, España, Reino Unido y Colombia; funcionarios de municipios de gran parte del país; así como de organismos nacionales e internacionales, como la Sener, Banobras, la Comisión Reguladora de Energía, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), el Gobierno del Distrito Federal, el Banco Mundial, las agencias norteamericanas para la Protección Ambiental, entre otros.

Entre las conclusiones más importantes de este evento destacan las siguientes:

- El uso energético de los residuos sólidos municipales puede ayudar a mitigar problemas ambientales, contribuye al suministro eléctrico, y abre nuevas oportunidades de participación del sector privado en la generación de electricidad.
- Este nicho presenta a su vez barreras de orden institucional, político y económico que deben ser removidas para facilitar el desarrollo de los proyectos.
- Durante los últimos diez años en México se ha intentado, con poco éxito, desarrollar proyectos de generación con residuos sólidos municipales, debido a las distintas barreras existentes.
- La remoción de barreras requiere de estrategias y esquemas innovadores, como lo muestran proyectos actualmente en desarrollo que se perfilan como los primeros ejemplos de éxito.

Las perspectivas para el despliegue de la tecnología en magnitud nacional se complican por los siguientes factores:

- La poca información sobre las características de los rellenos existentes.
- La falta de valorización de los rellenos como fuente de energía.
- La carencia de un esquema de incentivos que aliente nuevos proyectos.
- Un marco programático apropiado que promueva y facilite su desarrollo.
- Marcos, legislativo y regulatorios, adecuados a las características de este recurso.

Por otro lado, hay factores que alientan el desarrollo de este tipo de proyectos; por ejemplo, la existencia de instituciones públicas y privadas comprometidas con la implantación de la tecnología. Además del interés manifiesto de autoridades municipales por resolver, mediante la autogeneración eléctrica, la problemática dual representada por los residuos sólidos urbanos y los cargos por electricidad para servicios públicos.

Lecciones aprendidas

El ejercicio arrojó importantes lecciones. Solamente en el caso de Aguascalientes fue posible efectuar las pruebas de extracción de gas, necesarias para validar los estudios de prefactibilidad; en el resto de los casos la falta de financiamiento impidió esta actividad. En algunos casos, esta limitación se conjugó con la resistencia de las empresas concesionarias de los rellenos a modificar su esquema de concesión para permitir la generación de electricidad; en otros, el cambio de autoridades municipales fue motivo para que el proyecto se detuviera.

El ejercicio también identificó las principales barreras que han impedido la aplicación de esta tecnología en nuestro país, las cuales se resumen de la siguiente manera:

- Limitados tiempos políticos y de gestión de los gobiernos municipales.
- Falta de leyes de protección al medio ambiente en materia de emisiones de rellenos sanitarios.
- Desconocimiento de las oportunidades y beneficios de la generación eléctrica con el biogás de los rellenos sanitarios.
- Poca claridad en los esquemas de asociación entre los municipios y los inversionistas privados para formar sociedades de autogeneración, y falta de incentivos para propiciar su asociación.
- Poco financiamiento para efectuar los estudios de preinversión.
- Información limitada sobre la cantidad y características de los rellenos sanitarios y sitios de disposición final en nuestro país.
- Resistencia de empresas concesionarias que operan los rellenos sanitarios.
- Complicada tramitología para formalización de los proyectos.
- Incertidumbre de los inversionistas para recuperar su capital.
- Falta de un programa oficial que facilite la implantación de los proyectos.

Estoy de acuerdo, pero estas lecciones también se pueden aplicar por extensión a las demás acciones que se emprendan en nuestro país para realizar algunas innovaciones o cambios en la forma de organización, o en el sistema burocrático, en la que se puede ver el egoísmo y la falta de deseos de trabajar y progresar como sociedad en general.

Los rellenos sanitarios son una técnica de ingeniería que requiere la atención de los ingenieros civiles para su operación y manejo adecuado, además de la construcción de vialidades, también en la construcción de obras complementarias, sean plantas de tratamiento, laboratorios, caseta, trenes de proceso e infinidad de estructuras para su óptimo funcionamiento.

Bibliografía:

- Manual de rellenos sanitarios, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, México 1988.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Cuarta edición actualizada. Editada por McGraw Hill. Serie Jurídica.
- Cortinas de Nava, Cristina. (2001) *Hacia un México sin Basura. Bases e implicaciones de las legislaciones sobre residuos*. Editado por el Partido Verde Ecologista de México. Primera Impresión.
- Plan Maestro para la Reducción de Desechos Sólidos en la ciudad de México. 1997-2010, realizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Gobierno del Distrito Federal. 1999.
- Álvarez, Ana Elena. *Historia de la basura en la ciudad de México*. 14 de mayo de 2002.
- http://www.geocities.com/camp_pro_amb/historia.htm
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal. Dictamen que presentan las comisiones unidas de Uso y Aprovechamiento de Bienes y Servicios Públicos y Preservación del Medio Ambiente y Protección Ecológica a las observaciones formuladas por el Jefe de Gobierno del Distrito Federal, licenciado Andrés Manuel López obrador, al decreto por el que se crea la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.
- <http://www.asambleadf.gob.mx/princip/informac/legisla/leyes/L124/L124p.htm>
- Castillo Berthier, Héctor, Gutiérrez, Eugenia y López, Rocío. *CIENCIAS 20, La sociedad de la basura, Los residuos sólidos peligrosos: ¿un riesgo sin solución?*, El impacto de los desechos sólidos sobre el medio”, edición de octubre.
- <http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/97/1197df3.html>
- El problema de la basura en la Ciudad de México, José Ángel Mora Reyes, 23 de abril de 2004.
- Revista de INGENIERÍA CIVIL enero de 2002, CICM; agosto de 2005, México.
- Manual de operaciones de la planta de lixiviados del relleno sanitario de Bordo Poniente, Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Servicios Urbanos. México D.F., 2001.
- <http://www.iie.org.mx/boletin042003/apli.pdf>