



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO

*“CICLO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”*

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

Juan Fernando Regato Robles.

ASESOR:

Ing. Raúl Salgado Caamaño.

México D. F., Mayo de 2007.

AGRADECIMIENTOS:

A mis Abuelos Graziella y Fernando, a quienes quiero con todo mi corazón y a los que les debo todo en mi vida.

A mis Padres Juan José Regato Cobo y Graciela Elisa Robles Rodríguez; pero en especial a ti Mamá, que con tu amor, tu comprensión, tu paciencia y tu esfuerzo has hecho que logre todo en mi vida.

A mi Hermana Elisa, que siempre ha estado aquí apoyando en cada paso.

A mi Asesor, Director de Tesis y Gran Amigo, Ing. Raúl Salgado Caamaño, Tutor y Colaborador en el aprendizaje del difícil camino de la Vida Profesional.

Al Instituto Politécnico Nacional y a la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco, valuartes de la Educación Superior en México.

A mis Queridos Amigos: Gabriel Rafael Aguirre y Beltrán, Severo Adame Salazar, Manuel Chávez Martínez, Ricardo Flores Puente, Víctor Méndez Orozco, José Héctor Montoya Maciel, Lucia Virginia Ortiz Ortiz, Víctor Ramírez Pineda, José Rodolfo Torres Palomino y Sergio Plata Ortiz; a quienes guardo mucho respeto, admiración y cariño.

A los que fueron mis Profesores y Compañeros durante mi estancia en esta Escuela.

A todos aquellos que con su amistad ayudaron en este corto andar.

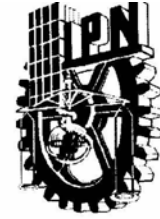
A todos ustedes: ¡MUCHAS GRACIAS!

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



UNIDAD ZACATENCO
DEPENDENCIA: OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES Y TITULACIÓN

"50 Aniversario del Patronato de Obras e Instalaciones"
"50 Aniversario del CECyT 14 Luis Enrique Erro"
"40 Aniversario de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas"
"40 Aniversario del Planetario Luis Enrique Erro"

Of. No.: SAC. EP.- 165 -IV- 2007

ASUNTO: SE COMUNICA TEMA DE TESIS

México, D.F., a 26 de abril de 2007.

C. JUAN FERNANDO REGATO ROBLES
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERO CIVIL.
P R E S E N T E.

Informo a usted, que el ING. RAÚL SALGADO CAAMAÑO, ha sido designado director y asesor en la realización de su Tesis Profesional, misma que deberá desarrollar en un término no mayor de un año a partir de la fecha del presente oficio conforme al índice siguiente.


"CICLO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS"

	PRÓLOGO
	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO I.-	ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO II.-	GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO III.-	ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO IV.-	RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO V.-	TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO VI.-	BARRIDOS.
CAPÍTULO VII.-	TRANSFERENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO VIII.-	RECICLAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO IX.-	TRATAMIENTOS APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO X.-	DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
CAPÍTULO XI.-	NORMATIVIDAD Y DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFÍA.
	ANEXOS

Se hace de su conocimiento que al finalizar su trabajo de Tesis, el asesor deberá firmar de conformidad antes de mandarlo a imprimir, esto con el propósito de que no existan errores en su impresión.

Sin otro particular, le saludo cordialmente.

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"


ING. JUAN JOSÉ VILLALPANDO CAZARES, I.P.N.
SUBDIRECTOR ACADÉMICO
SUBDIRECCION ACADEMICA
UNIDAD ZACATENCO



c.c.p.- Ing. Víctor Manuel Mendoza Ramos.- Presidente de la Academia de Ingeniería Sanitaria.

UNIDAD ZACATENCO

“CICLO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”

ÍNDICE:

PROLOGO	I
---------	---

INTRODUCCIÓN	II
--------------	----

**CAPÍTULO I:
ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

1.1 Definición de Residuo Sólido Urbano.	1
1.2 Origen de los Residuos Sólidos Urbanos.	3
1.3 Clasificación de los Residuos Sólidos Urbanos.	5
1.3.1 Por sus Características Físico Químicas.	5
1.3.2 Por su Origen.	5
1.3.3 Por su Tipo.	6
1.3.4 Por su Contenido de Humedad.	7
1.3.5 Por su Producción.	7
1.3.6 Por su Recuperación.	8
1.4 Contaminación por Residuos Sólidos Urbanos.	9

**CAPÍTULO II:
GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

2.1 Situación Actual.	11
2.1.1 Análisis Estatal de Generación de Residuos Sólidos Urbanos.	12
2.1.2 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos por Zona Geográfica Nacional.	13
2.2 Proyección Futura de Generación de Residuos Sólidos Urbanos en México.	15
2.3 Generación <i>“per cápita”</i> de Residuos Sólidos Urbanos.	16
2.3.1 Generación <i>“per cápita”</i> Estatal.	16
2.3.2 Promedio Nacional.	18
2.3.3 Comparación de Generación <i>“per cápita”</i> a Nivel Mundial.	18
2.4 Normas Mexicanas empleadas en los Estudios de Generación de Residuos Sólidos Urbanos.	19
2.5 Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos.	20

**CAPÍTULO III:
ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

3.1 Generalidades.	21
--------------------	----

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

3.2 Tipos de Almacenamiento.	23
3.2.1 Almacenamiento Domiciliario.	23
3.2.2 Almacenamiento No Domiciliario.	23
3.3 Tipos y Usos de Recipientes.	24
3.3.1 Características de los Recipientes utilizados en el Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.	24
3.3.2 Recipientes para Casa – Habitación.	25
3.3.3 Recipientes para Multifamiliares.	25
3.3.4 Recipientes para Sitios Públicos.	26
3.3.5 Recipientes para Centros de Gran Generación.	26
3.3.6 Recipientes para Almacenamiento Industrial.	27
3.3.7 Recipientes para Almacenamiento Hospitalario.	27
3.4 Zonas de Almacenamiento.	29

**CAPÍTULO IV:
RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

4.1 Generalidades.	30
4.2 Métodos de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos.	31
4.2.1 De Esquina o Parada Fija.	33
4.2.2 De Acera.	33
4.2.3 Intradomiciliario.	34
4.2.4 De Contenedores.	34
4.3 Diseño de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos.	36
4.3.1 Reglas Básicas para el Diseño de Rutas de Recolección.	36
4.3.2 Diseño de Macrorutas.	37
4.3.2.1 Factores que Intervienen en el Diseño de Macrorutas.	38
4.3.3 Diseño de Microtrutas.	40
4.3.3.1 Métodos de Diseño de Microrutas.	40

**CAPÍTULO V:
TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

5.1 Generalidades.	43
5.2 Equipos de Recolección y Transporte de Residuos Sólidos Urbanos.	44
5.2.1 Equipos Altamente Tecnificados.	44
5.2.2 Equipos Especializados.	44
5.2.3 Equipos no Convencionales.	45
5.2.4 Ventajas y Desventajas de los Equipos de Recolección.	46

**CAPÍTULO VI:
BARRIDOS.**

6.1 Generalidades.	48
--------------------	----

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

6.2 Frecuencia y Áreas donde realizarse el Barrido.	49
6.3 Tipos de Barrido.	50
6.3.1 Barrido Manual.	50
6.3.1.1 Horario del Barrido Manual.	50
6.3.1.2 Equipo de Barrido Manual.	50
6.3.1.3 Procedimientos de Barrido Manual.	50
6.3.1.4 Rendimiento de Barrido Manual.	51
6.3.1.5 Diseño de Rutas de Barrido Manual.	52
6.3.1.6 Ventajas y Desventajas de Barrido Manual.	52
6.3.2 Barrido Mecánico.	53
6.3.2.1 Horario del Barrido Mecánico.	54
6.3.2.2 Equipo de Barrido Mecánico (Barredoras).	54
6.3.2.3 Clasificación de las Barredoras.	54
6.3.2.4 Procedimientos de Barrido Mecánico.	55
6.3.2.5 Rendimiento de Barrido Mecánico.	55
6.3.2.6 Diseño de Rutas de Barrido Mecánico.	56
6.3.2.7 Ventajas y Desventajas de Barrido Mecánico.	56
CAPÍTULO VII:	
TRANSFERENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.	
7.1 Generalidades.	57
7.2 Sistemas de Transferencia.	58
7.2.1 Transferencia Directa.	58
7.2.2 Transferencia Indirecta.	59
7.3 Características de la Edificación de las Estaciones de Transferencia.	60
7.4 Planeación y Proyecto de una Estación de Transferencia.	60
CAPÍTULO VIII:	
RECICLAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.	
8.1 Generalidades.	63
8.2 Porcentajes de Reciclaje en México.	65
8.3 Materiales Susceptibles de Reciclaje.	66
8.4 Comercialización de Productos y Subproductos provenientes del Reciclaje.	69
CAPÍTULO IX:	
TRATAMIENTOS APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.	
9.1 Generalidades.	72
9.2 Clasificación de los Sistemas de Tratamiento.	74
9.2.1 Métodos Físicos.	74
9.2.1.1 Separación.	74
9.2.1.2 Reducción.	74
<i>“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.</i>	
<i>Juan Fernando Regato Robles.</i>	

9.2.1.3	Compactación.	74
9.2.2	Métodos Biológicos.	75
9.2.2.1	Composteo.	75
9.2.2.2	Digestión Anaerobia.	75
9.2.3	Métodos Químicos.	75
9.2.3.1	Hidrólisis.	75
9.2.3.2	Oxidación.	75
9.2.3.3	Vitrificación.	76
9.2.3.4	Polimerización.	76
9.2.4	Métodos Térmicos.	76
9.2.4.1	Incineración.	76
9.2.4.2	Pirólisis.	76
9.2.4.3	Microondas.	76
9.2.4.4	Esterilización.	77

CAPÍTULO X: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

10.1	Generalidades.	78
10.2	Normatividad para la Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.	79
10.3	Métodos de Disposición Final.	80
10.3.1	No recomendables.	80
10.3.1.1	Tiradero a Cielo Abierto.	80
10.3.1.2	Vertido a Grandes Cuerpos de Agua.	81
10.3.2	Recomendable.	84
10.3.2.1	Relleno Sanitario.	84

CAPÍTULO XI: NORMATIVIDAD Y DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

11.1	Antecedentes.	111
11.2	Marco Legal Vigente.	113
11.3	Leyes en Materia de Residuos Sólidos Urbanos.	114
11.3.1	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	114
11.3.2	Ley General de Salud.	114
11.3.3	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	115
11.3.4	Leyes Estatales y Municipales en Materia de Residuos Sólidos Urbanos.	116
11.4	Normas Mexicanas aplicables.	117
11.4.1	Normas Técnicas de Residuos Sólidos.	117
11.4.1.1	Norma Técnica de Residuos Sólidos – 1 de Terminología.	117
11.4.1.2	Norma Técnica de Residuos Sólidos – 2 de Generación.	118

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

11.4.1.3	Norma Técnica de Residuos Sólidos – 3 de Muestreo – Método de Cuarteo.	118
11.4.1.4	Norma Técnica de Residuos Sólidos – 4 de Peso Volumétrico “in situ”.	118
11.4.1.5	Norma Técnica de Residuos Sólidos – 5 de Selección y Cuantificación de Subproductos.	119
11.4.1.6	Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.	119
CONCLUSIONES.		IV
BIBLIOGRAFÍA.		V

PROLOGO:

Tras la caída de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) a finales de los `80, el Mundo entró de lleno en la fase histórica del Reinado del Capitalismo.

El Capitalismo como medio económico de producción trae consigo muchas ventajas, pero también aqueja muchos inconvenientes, y uno de ellos, concerniente a nuestro tema de estudio, es la desmesurada generación de Residuos Sólidos.

Nuestro País, pese a sus atrasos, su marginación y pobreza, es parte inequívoca del complejo proceso de Globalización, que se ha convertido en la moda contemporánea; y por consiguiente, al ser parte de esta nueva corriente, es un productor de desechos sólidos en exceso.

Si miramos a otras Naciones, que se encuentran en las mismas circunstancias, apreciamos que las Potencias del primer mundo han creado, además de medidas ecológicas de prevención y conservación, un esquema integral de gestión de los residuos, tanto sólidos como de otras índoles; tratando de reducir en la manera de los posible, los gigantescos atentados naturales que han provocado desde la Revolución Industrial.

Por otro lado, viendo la cara contraria de la moneda, observamos que en naciones más retrogradadas, llamadas por las de arriba como "tercermundistas", que el intento de la aplicación de los sistemas prácticos de manejo de los residuos son infructíferos, por muchas circunstancias, tales como la falta de la cultura ambiental, el respeto a nuestros semejantes y lo que nos rodea, a la corrupción, a la falta de recursos, entre muchas otras que hacen que las buenas intenciones para la creación de sistemas integrales queden en eso, buenas intenciones.

Es importante comprender que las oportunidades de crecimiento de México deben de reenfocarse en la calidad de todos los aspectos de la vida diaria, desde la educación hasta la política, de crear una verdadera conciencia de los problemas que nos aquejan y conformar con todos los estratos de la sociedad mecanismos que lleven al mejoramiento de la calidad de vida de las masas populares, a la conservación de nuestros recursos y a elevar el entendimiento de los conocimientos que posee la humanidad, dejando a un lado los intereses personales y de los grupos privilegiados para direccional el capitalismo a una conducta mas socialista para lograr el fin que persigue la humanidad: su crecimiento y desarrollo sustentable y equitativo.

*"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.*

INTRODUCCIÓN:

Entendemos por Basura a todo aquello que una vez nos fue útil, y que por su uso, consumo o aprovechamiento, dejó de serlo, por lo cual es susceptible de desecharse. Es en este punto donde inicia la titánica tarea de almacenar, recolectar, tratar y disponer de dichos residuos.

En este contexto, podemos decir que Manejo Integral de los Residuos son las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

Los sistemas de manejo a que hace referencia el párrafo anterior, se enmarcan en un concepto más amplio de lo que debe ser la Gestión Integral de los Residuos que es el Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

De la definición anterior se desprende que los diferentes elementos del manejo integral de residuos sólidos deben estar siempre interrelacionados en cualquier programa o sistema y haber sido seleccionados para complementarse unos a otros.

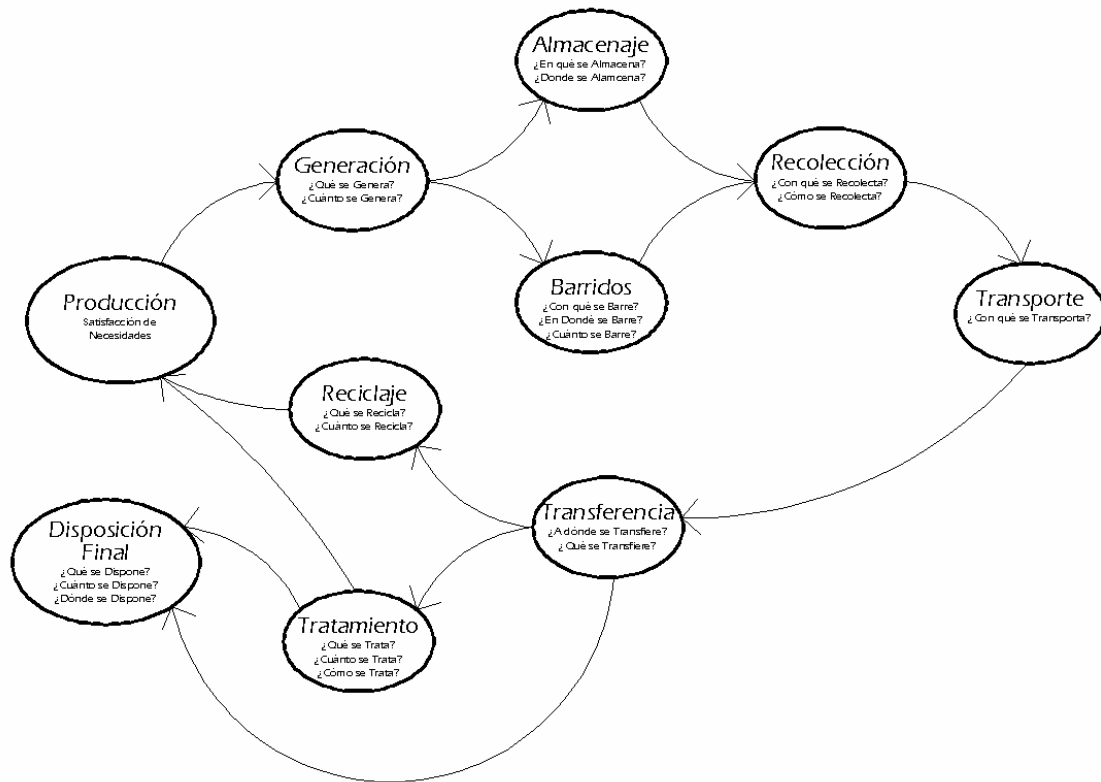
Al final, algo se debe hacer con los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no pueden tener un uso futuro; los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de separación en una instalación para la separación de materiales; y los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de conversión de productos o energía.

México carece aún de muchas de las condiciones necesarias para dar a los residuos un ciclo integral, que se origina desde la falta de educación ambiental y cultural, hasta la deficiencia de los recursos y la infraestructura apta para darle un correcto manejo a los Residuos Sólidos.

La creación de un Ciclo Integral para el Manejo de los Residuos Sólidos solventará muchas deficiencias en el sistema de tratado de la basura, siendo explicados de forma precisa y clara los principales componentes que interviene en dicho ciclo.

La propuesta más satisfactoria para un Ciclo Integral para los residuos es presentado a continuación:

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.



Es necesario, además de aplicar dichos pasos, concientizar a la población y a las autoridades sobre el problema de la Generación y Disposición Final de los residuos, para reducir dicha producción, aprovechar mejor lo que aún es susceptible de reciclar e incluir nuevamente a los sectores productivos y así disponer la menor cantidad de desechos de la mejor manera posible.

CAPÍTULO I:

Origen de los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Basura.

Comúnmente a los residuos sólidos urbanos se les conoce como *Basura*, que se define como *todo aquello considerado como desecho y que se necesita eliminar. La basura es un producto de las actividades humanas al cual se le considera sin valor, repugnante e indeseable por lo cual normalmente se le incinera o coloca en lugares predestinados para la recolección para ser canalizada a tiraderos o vertederos, rellenos sanitarios u otro lugar. Actualmente, se usa ese término para denominar aquella fracción de residuos que no son aprovechables y que por lo tanto debe ser tratada ó dispuesta para evitar problemas sanitarios ó ambientales.*

Etimología.

La palabra *Basura* proviene del latín “*versura*”, que significa “*barrer*”. Por esto se puede decir que el significado original fue “*lo que se ha barrido*”.

1.1 DEFINICIÓN DE RESIDUO SÓLIDO URBANO.

En México, bajo la legislación y normatividad vigente, definimos a los Residuos Sólidos Urbanos de la siguiente manera:

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

- Artículo 5, sección XXXIII, **Residuos Sólidos Urbanos:** “*Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole*”.

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XXXI, **Residuos Urbanos:** “*Los generados en casa habitación, unidad habitacional o similares que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los provenientes de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías públicas y áreas comunes, siempre que no estén considerados por esta Ley como residuos de manejo especial*”.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO I:
Origen de los Residuos Sólidos Urbanos.

- Artículo 3, sección XXXIV, **Residuos Sólidos:** *“El material, producto o subproducto que sin ser considerado como peligroso, se descarte o deseche y que sea susceptible de ser aprovechado o requiera sujetarse a métodos de tratamiento o disposición final”.*

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 (NTRS-1), Terminología.

- Apartado 2.40, **Residuo Sólido Municipal:** *“Aquellos que se generan en casa habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, bienes muebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicio en general y todos aquellos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigación”.*

En conclusión y en base a lo anteriormente escrito, los Residuos Sólidos Urbanos son las partes que quedan de un producto y se conocen comúnmente como basura. Se pueden considerar que los Residuos Sólidos Urbanos son el resultado de las actividades que realiza la población para su subsistencia y para la obtención de insumos en los diferentes sectores productivos, ya sean industriales, comerciales, agropecuarios y de servicios.

Aunado a esto la propaganda encaminada a favorecer el consumo excesivo de productos superfluos y prescindibles aumenta el problema de la generación de los Residuos Sólidos Urbanos y acumulación, lo cual se convierte cada día en algo más difícil de resolver.

1.2 ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

La siguiente tabla muestra las fuentes de generación de residuos sólidos, así como los orígenes específicos de cada fuente:

Fuente:	Origen Especifico:
Domiciliarios	<ul style="list-style-type: none"> • Unifamiliares. • Multifamiliares.
Comerciales	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimientos comerciales. * • Mercados.
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Restaurantes y bares. • Centros de espectáculos y recreación. • Servicios públicos. • Hoteles. • Oficinas públicas. • Centros educativos.
Especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Jardinería. • Unidades médicas. • Laboratorios. • Veterinarias. • Transporte: <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Puertos. ⇒ Aeropuertos. ⇒ Terminales terrestres. ⇒ Terminales ferroviarias. ⇒ Terminales portuarias. • Vialidades. • Centros de readaptación social. • Materiales de construcción y demolición. • Actividades: <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Pesquera. ⇒ Agrícola. ⇒ Silvícola. ⇒ Forestales. ⇒ Avícolas. ⇒ Ganadería.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas verdes. • Objetos voluminosos.

Fuente: Estudio sobre el manejo de Residuos Sólidos para la Ciudad de México, JICA-GDF, 1999.

* En grandes volúmenes se consideran de manejo especial.

CÁPITULO I:
Origen de los Residuos Sólidos Urbanos.

La siguiente tabla, muestra los principales componentes de los residuos sólidos generados:

Composición de los Residuos Sólidos Urbanos:

- Algodón.
- Cartón.
- Cuero.
- Envases de cartón encerado.
- Fibra dura vegetal (esclerenquima).
- Fibras sintéticas.
- Hueso.
- Residuo fino (todo material que pase la Malla 200).
- Hule.
- Lata.
- Loza y cerámica.
- Madera.
- Material de construcción.
- Material ferroso.
- Material no ferroso.
- Papel.
- Pañal desechable.
- Plástico rígido y de película.
- Poliuretano.
- Poliéster expandido.
- Residuos alimenticios.
- Residuos de jardinería.
- Trapo.
- Vidrio de color.
- Vidrio transparente.
- Otros.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Los Residuos Sólidos Urbanos, entre las muchas características, clasificaciones y composición en que pueden hacerse; de un modo general se pueden clasificar a estos residuos en Orgánicos e Inorgánicos.

- **Residuos Orgánicos:** Son todos aquellos cuyo componente principal es el carbono (C), provienen de materia viva tanto vegetal como animal y están representados principalmente por residuos: alimenticios, de parques y jardines, rastros y mercados, industriales de alimentos, etc.
- **Residuos Inorgánicos:** Es materia inerte proveniente de material no vivo que incluye la mayoría de los residuos reciclables como metales, plásticos, cierto tipo de telas, vidrio, etc. Además tienen la característica de no ser biodegradables o de muy difícil descomposición por lo que conservan su forma y propiedades pudiéndose utilizar como materia prima en diferentes industrias.

1.3.1 Características Físico-Químicas:

Por otra parte los residuos sólidos municipales se pueden caracterizar desde el punto de vista físico-químico.

- **Orgánica:** Son en su mayor parte de origen vivo que pueden ser restos de animales, maderas, flores, alimentos, etc.
- **Inorgánicos:** Son como latas, vidrios, arenas, polvos, cascajo, plásticos, etc.
- **Combustible:** Que corresponden a cualquier material que se pueda quemar fácilmente como la madera, papel, cartón, etc.
- **No combustible:** Comprenden todos los materiales que no se queman y son difíciles de cremar como las latas, metales, vidrios, cenizas, plásticos, productos químicos, etc.
- **Biodegradable:** Es la que se va degradando por si misma hasta que va quedando hecha "*humus*" de esta tenemos toda la basura orgánica, como restos de comidas, basuras domesticas, flores, etc.
- **No biodegradable:** Como los plásticos, bolsas de poliestireno, materiales similares y químicos, algunos metales de difícil descomposición y cremación.

1.3.2 Por su origen:

- **Basura orgánica:** Es la de cualquier naturaleza que se puede descomponer por procesos naturales, dentro de un periodo razonable. Son los derivados de la preparación de los alimentos, productos e comidas, desechos de mercados (basura cruda), desperdicios de fábricas, desperdicios agropecuarios, animales muertos, hojarasca, etc.
- **Desperdicios comerciales de comidas:** Incluye los restos de comida originados en los restaurantes, hoteles, regimientos, escuelas, a menudo se recolectan separadamente y son vendidos para alimentos de animales; en

*"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.*

CÁPITULO I: ***Origen de los Residuos Sólidos Urbanos.***

México se le llama “*escamocha*” a las sobras de comidas de dichas instalaciones.

- **Desperdicios comerciales:** Incluyen los desechos comerciales no incluidos en el punto 2 y proveniente de la operación y mantenimiento de los establecimientos comerciales, industriales, talleres, comprende básicamente papel, cartón, botes, material embalaje y otros desperdicios sólidos.
- **Basura domestica:** Se originan en los hogares y esta formada por polvos, papeles, huesos, vidrios, plásticos, madera, trapos, restos de legumbres, flores, hojalata y en algunas ocasiones excreta humana y de animales domésticos, entre algunos; en nuestras costas nuestros desechos de plantas tropicales como restos de cocos, sandias, piña y restos similares se les identifican como “*basuras tropicales*” los cuales se producen en cantidades elevadas.
- **Despojos:** Es la basura no incluida en los puntos anteriores, la cual consta de vidrios, llantas, botes vacíos, etc.
- **Basuras de establos y caballerizas:** Esta constituida por estiércol, paja, pelos, restos de follaje, etc.
- **Basura de la calle:** Esta constituida por hojarascas, ramas, tierra, papeles, colillas de cigarros, arena, animales muertos, etc.
- **Desperdicios dependientes de mercados ambulantes, ferias, vendedores ambulantes y otras:** Son entre otros restos de comida, frutas, verduras, papeles, etc.
- **Escombros:** Son restos fraccionados de material de demolición (cascajo), tales como adobes de tierra, tierra de revoque, cartón, pedacería de madera, etc.
- **Cenizas:** El término de “cenizas” se refiere a los residuos provenientes de la combustión del carbón; madera y otros materiales utilizados en el hogar, industria o establecimientos comerciales con propósitos de calefacción y productos de la misma energía.

1.3.3 Por su Tipo:

- **Materia Orgánica:** Es todo aquello que se puede pudrir, como son: Restos de comida, Vegetales, Frutas, Hojas y ramas que resultan de limpiar las macetas o el jardín, Cáscaras de huevo o moluscos, Compresas y pañales sucios, Restos de infusiones, entre otros.
- **Metales:** Son todos los residuos provenientes de operaciones donde se emplearon metales o aquellos que dentro de su composición contengan algún tipo de metal, tales como: acero, hierro, bronce, cobre, estaño, entre otros; además de los metales peligrosos como el plomo, mercurio, litio, cadmio, etc., que requieren de un manejo especial así como una disposición en sitios controlados especiales.
- **Papel:** El papel es una estructura obtenida en base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Es el elemento de mayor generación y también el más susceptible de ser

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO I: ***Origen de los Residuos Sólidos Urbanos.***

reciclado. Dentro de este punto se consideran: hojas de papel de uso diario, papel de envoltura y embalaje, cartón, etc.

- **Plástico:** Son sustancias que contienen como ingrediente esencial una sustancia orgánica de masa molecular llamada polímero. Entre los principales ejemplos de residuos plásticos se encuentran: botellas de agua y refresco, envolturas, bolsas, tuberías, artefactos domésticos, entre muchos más.
- **Vidrio:** El vidrio es un material duro, frágil y transparente que ordinariamente se obtiene por fusión a unos 1,500° C de arena de sílice, carbonato sódico y caliza. Algunos residuos de vidrio son: botellas, envases, vasos, cristales de ventanas, etc.; completos o en fragmentos.
- **Textiles:** Son todos los desperdicios que provienen de la satisfacción del hombre por vestir. Incluye los residuos de ropa, trapos, cortinas, ropa de cama, etc.
- **Otros:** Todos aquellos residuos que por su composición, no pueden ser clasificados en las otras categorías, y que generalmente se originan en sistemas productivos peligrosos, especiales o médicos.

1.3.4 Por contenido humedad:

- **Tipo I. Contenido de humedad 25%:** Basura combustible, papel, cartón, viruta de madera, aserrín y barridos domésticos, comerciales e industriales.
- **Tipo II. Contenido de humedad 50%:** Basura residencial, departamentos, clínicas, etc.
- **Tipo III. Contenido de humedad 70%:** Desperdicios de animales y vegetales de restaurantes, hoteles, mercados, supermercados, cafeterías, hospitales y clubes.
- **Tipo IV. Contenido de humedad 90%:** Partes humanas y animales, huesos, amputaciones, desechos de laboratorios y hospitales.

1.3.5 Por su Producción:

Los Residuos Sólidos Urbanos se clasifican por su producción, de la siguiente manera:

- **Desechos Domésticos:** Proviene de viviendas unifamiliares, conjuntos habitacionales, hoteles, restaurantes, etc.
- **Desechos Sólidos Industriales:** Son el resultado de la producción de las industrias, tales como ligera, pesada, alimentaria, parques industriales e industrias con residuos peligrosos.
- **Desechos Institucionales y Públicos:** Son los que resultan de hospitales, clínicas, edificios públicos, instalaciones recreativas, vías públicas, etc.
- **Desechos de Manejo Especial:** Todos aquellos que por su composición o volumen requieren de un manejo especial, como son los residuos agropecuarios, agroindustriales, centros comerciales, centrales de abasto, etc.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

1.3.6 Por su Recuperación:

- **Residuos recuperables o reciclables:** Son todos aquellos que una vez seleccionados pueden venderse a diferentes industrias, las cuales mediante un tratamiento los utilizan como materia prima, reintegrándolos posteriormente al ciclo de consumo. Como ejemplo de estos tenemos:
 - ⇒ Hueso.
 - ⇒ Trapo.
 - ⇒ Cartón.
 - ⇒ Papel.
 - ⇒ Metal.
 - ⇒ Vidrio.
 - ⇒ Plásticos.
 - ⇒ Hule.
 - ⇒ Etc.
- **No recuperables nocivos (peligrosos):** Este grupo comprende básicamente aquellos desperdicios provenientes de hospitales, sanatorios, casas de cuna, enfermerías, clínicas y consultorios médicos; así mismo a cierto tipo de industrias que estén dentro o en ciertos lugares conurbados de la ciudad. Este tipo de residuos pueden ser muy peligrosos y se les debe dar un tratamiento especial para Residuos Peligrosos (Confinamiento Especial).
- **No recuperables inertes:** Son aquellos como tierra, piedras, cascajo, etc. que solo pueden utilizarse como material de relleno.
- **Transformables:** Comprenden todos los residuos susceptibles a ser transformados mediante diversos procesos mecánicos, biológicos o químicos, en productos inocuos y aprovechables, quedando abarcados en este grupo los desperdicios fundamentalmente orgánicos.
- **Residuos alimenticios:** En estos se encuentran todos los restos de comidas ya sean del hogar, restaurantes, hoteles o similares; así mismo residuos de parques y jardines de residuos agrícolas y así como también de residuos industriales de naturaleza orgánica.

1.4 CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

La *Contaminación* es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía con potencial para provocar daños, irreversibles o no, en el medio inicial.

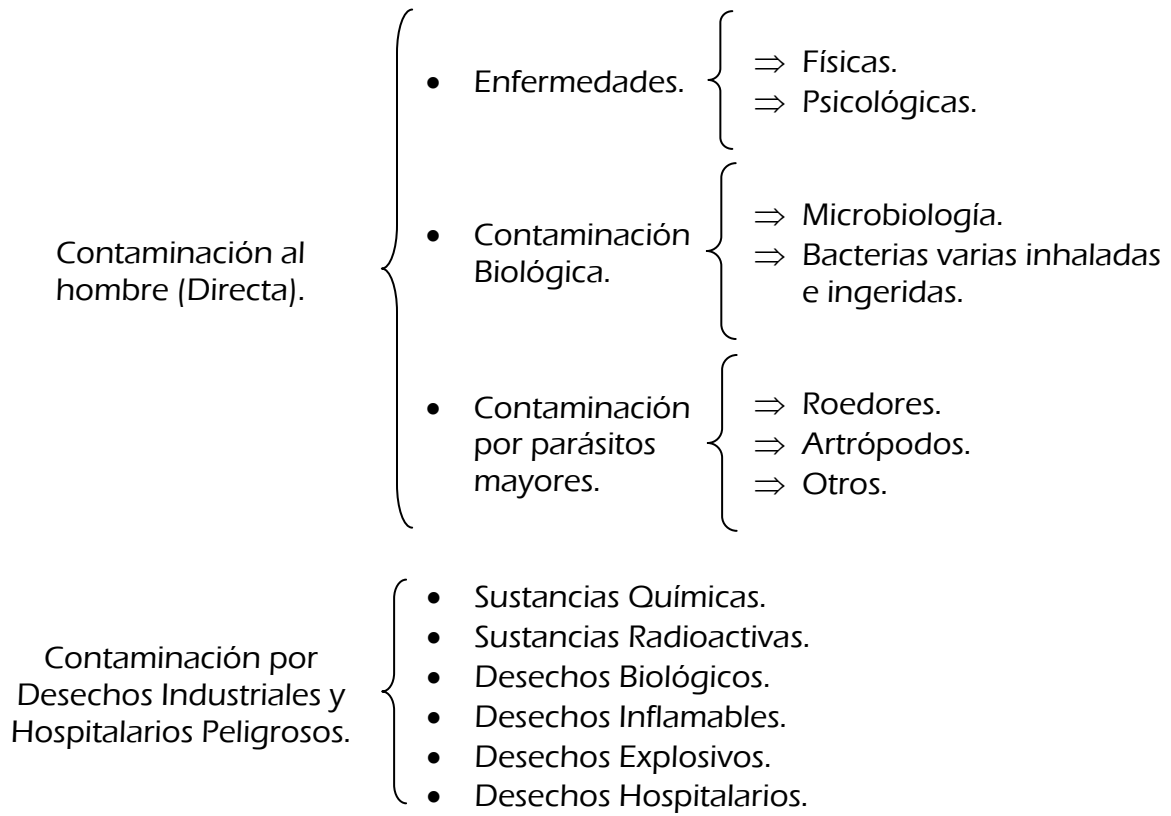
Se denomina *Contaminación Ambiental* a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

Contaminación del Suelo	<ul style="list-style-type: none">• Sustancias Químicas.• Metales	<ul style="list-style-type: none">• Nitratos, amonios, fósforo, etc. en exceso.• Mercurio, plomo, cadmio, fierro, etc. en exceso.
Contaminación del Agua. (Consumen oxígeno).	<ul style="list-style-type: none">• Agentes infecciosos.• Nutrientes.• Productos Orgánicos y Químicos.	
Contaminación del Aire.	<ul style="list-style-type: none">• Malos Olores.• Polvo y otros elementos.• Microorganismos.• Gas Inerte.	
Contaminación Visual.	<ul style="list-style-type: none">• Degradación del paisaje y medio ambiente (Flora y Fauna).	

A lo anterior se agrega:

- Bioacumulación.
- Biomagnificación (cadena trófica).
- Transporte (vectores).

CÁPITULO I:
Origen de los Residuos Sólidos Urbanos.



CAPÍTULO II:
Generación de los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Generación de Residuos.

De acuerdo a las leyes de nuestro país, la Generación de Residuos se define como:

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

- Artículo 5, sección VIII, **Generación:** *“Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo”.*

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XIII, **Generación:** *(Idem. LGPGIR Artículo 5, sección VIII).*

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 (NTRS-1), Terminología.

- Apartado 2.24, **Generación:** *“Cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo”.*

2.1 SITUACIÓN ACTUAL.

La generación *“per cápita”* de Residuos Sólidos de origen doméstico va en aumento, y varía de acuerdo a la modificación de los patrones de consumo de la población y en la medida en que se incrementa la comercialización de productos industrializados y de lujo.

En 1975 se estimó que el promedio nacional *“per cápita”* de generación de residuos sólidos era de 320 grs./hab./día, y hoy el índice es de 900 grs./hab./día.

Con respecto a las fuentes generadoras, los provenientes de las casas-habitación se generan en mayor proporción; mientras que los comercios, las industrias, mercados, tianguis y vías públicas (dentro de las fuentes no domésticas) son las que más generan residuos.

No solamente es necesario conocer la cantidad de residuos generada en las ciudades, sino que también el análisis de la composición de los mismos es importante para mejorar su manejo.

Al igual que sucede con las cantidades de residuos, a medida que las ciudades han desarrollado procesos industriales, la composición de estos han variado pasando de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa parcialmente no biodegradable y con porcentajes crecientes de materiales tóxicos, que dificulta su manejo.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO II:
Generación de los Residuos Sólidos Urbanos.

2.1.1 Análisis Estatal de Generación de Residuos Sólidos Urbanos.

Un análisis comparativo a nivel estatal arroja observaciones que pueden orientar las políticas nacionales, tomando como referencia las cinco entidades más pobladas del país (Estado de México, Distrito Federal, Veracruz, Jalisco y Puebla).

Al analizar la generación de residuos sólidos, se aprecia, en relación a la posición que tienen en cuanto a su población, un reacomodo en el que los Estados de Veracruz y Jalisco se intercambian posiciones, mientras que Puebla pasa del quinto lugar nacional al séptimo en generación de residuos diarios, después de Nuevo León y Guanajuato que no aparecen en este cuadro.

ANÁLISIS A NIVEL ESTATAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS						
Entidad	Población 2004	(*)	Generación de basura Ton./día	(*)	Generación per capita grs./día	(*)
México	14,447,120	1	15,400	1	1,066	3
D. F.	8,134,123	2	12,100	2	1,375	1
Veracruz	7,274,772	3	5,010	4	689	24
Jalisco	6,758,852	4	6,500	3	957	4
Puebla	5,480,844	5	4,100	7	745	20

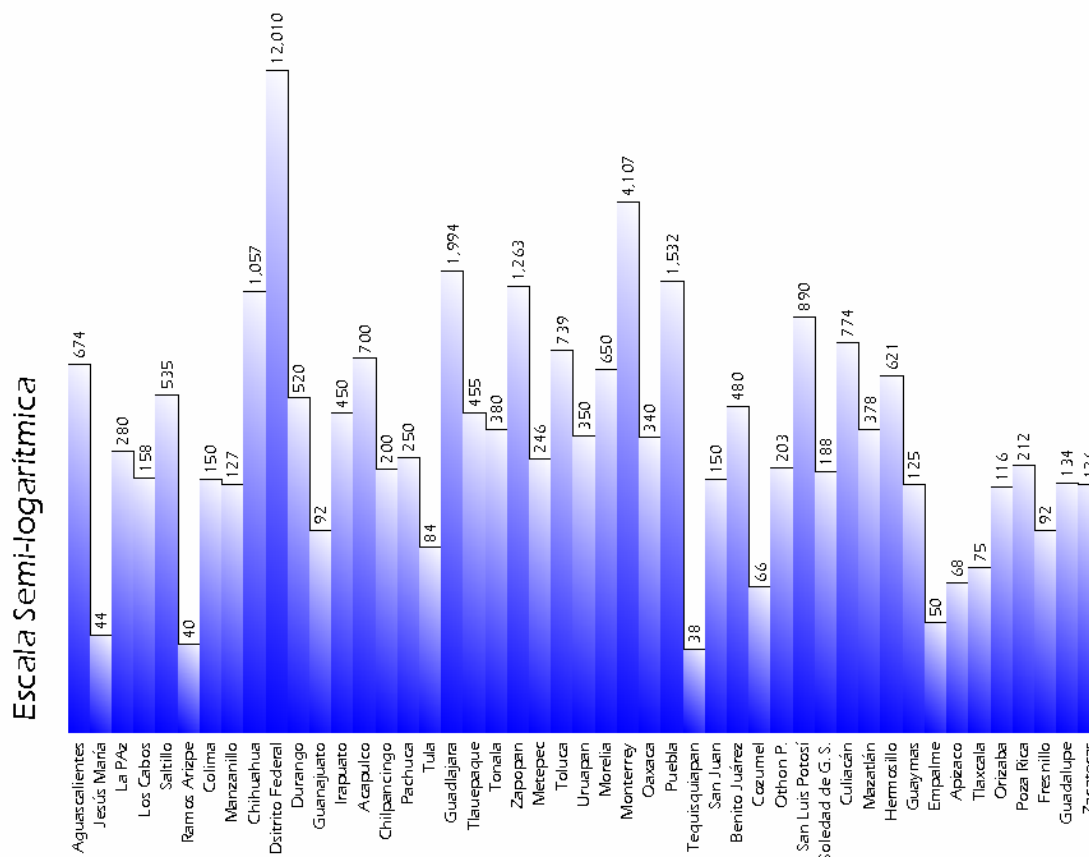
(*) Posición a nivel nacional.

En este contexto, la cantidad de residuos sólidos que se eliminan por día y por persona esta condicionada por factores generales, como son: *climáticos, raciales, costumbres, económicos, sociales, políticos; entre otros.*

La siguiente tabla representa el volumen diario de residuos sólidos generados en cada ciudad; en ella se aprecian seis ciudades, que destacan por su alto volumen de generación:

Ciudad:	Cantidad Generada Ton./día
Distrito Federal.	12,012
Monterrey.	4,107
Guadalajara.	1,994
Puebla.	1,532
Zapopan.	1,263
Chihuahua.	1,057

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.



Se utilizó Escala Semi-logarítmica para conservar proporciones con el Distrito Federal

Volumen de Generación Diaria de Residuos Sólidos por Ciudad

2.1.2 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos por Zona Geográfica Nacional.

Los residuos sólidos urbanos están compuestos básicamente por material biodegradable y materiales inertes que provienen de los hogares, comercios y servicios en general, de la limpieza de la vía pública, de la industria de la construcción, así como de algunas actividades industriales. Con base a lo anterior se puede apreciar en el siguiente cuadro que la cantidad de composición de los residuos sólidos urbanos se ha modificado de manera sustancial. La generación de residuos se incremento y sus características se transformaron de materiales mayoritariamente orgánicos a elementos cuya descomposición es lenta y requiere de procesos físicos, biológicos o químicos para complementarse. En el cuadro expuesto a continuación se aprecia una variación regional en la composición de los residuos, la cual refleja patrones de consumo diferentes, asociados al nivel socioeconómico de cada región:

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO II:
Generación de los Residuos Sólidos Urbanos.

**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR
ZONA GEOGRÁFICA Y POR TIPO DE PRODUCCIÓN
(VALORES EN %)**

Subproducto:	Frontera Norte	Norte	Centro	Sur	D. F.
Cartón.	3.973	4.366	1.831	4.844	5.360
Residuos Finos.	1.369	2.225	3.512	8.075	1.210
Hueso.	0.504	0.644	0.264	0.250	0.080
Hule.	0.278	0.200	0.087	0.350	0.200
Lata.	2.926	1.409	1.700	2.966	1.580
Material Ferroso.	1.183	1.476	0.286	0.399	1.390
Material no Ferroso.	0.226	0.652	0.937	1.698	0.060
Papel.	12.128	10.555	13.684	8.853	14.580
Pañal Desechable.	6.552	8.303	6.008	5.723	3.370
Plástico Película.	4.787	5.120	1.656	1.723	6.240
Plástico Rígido.	2.897	3.152	1.948	1.228	4.330
Residuos Alimenticios.	26.972	21.271	38.538	16.344	34.660
Residuos de Jardinería.	16.091	19.762	7.113	26.975	5.120
Trapo.	1.965	2.406	0.807	2.157	0.640
Vidrio de Color.	2.059	0.934	4.248	0.599	4.000
Vidrio Transparente.	4.590	5.254	5.051	3.715	6.770
Otros.	11.505	12.267	12.326	14.102	10.410
TOTAL:	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Se estima que actualmente en el país a nivel global el 53% de los residuos sólidos urbanos son de tipo orgánico, en tanto el 28% son potencialmente reciclables como el papel y el cartón (14%), vidrio (6%), plásticos (4%), hojalata (3%) y textiles (1%); el 19% restante son residuos de madera, cuero, hule, envases de cartón encerado, trapo y fibras diversas; tal como se muestra en la siguiente gráfica:

Residuos	Porcentaje (%)
Orgánicos.	53
Parcialmente Reciclables.	28
Otros.	19
Total:	100

Composición de los Residuos Sólidos Urbanos



“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO II:
Generación de los Residuos Sólidos Urbanos.

2.2 PROYECCIÓN FUTURA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN MÉXICO.

México al igual que muchos países del mundo enfrenta grandes retos en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos. Durante la pasada década de los `50, el índice nacional de generación “*per cápita*” promedio era de 300grs/día. Debido al elevado índice de urbanización, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas y el cambio de patrones de consumo de la población, se modificó e incremento de manera substancial la cantidad y composición de los residuos sólidos urbanos.

Así, la generación de la basura “*per cápita*” creció de 300 grs./día en 1950 a 900 grs./día en el año 2004. Por otra parte la población se incremento en el mismo periodo de 30 millones a 105 millones con la que actualmente la generación total de basura a nivel nacional se estima en 94,824 Ton./día y 34 millones de toneladas anuales. Tal como se observa en el siguiente cuadro:

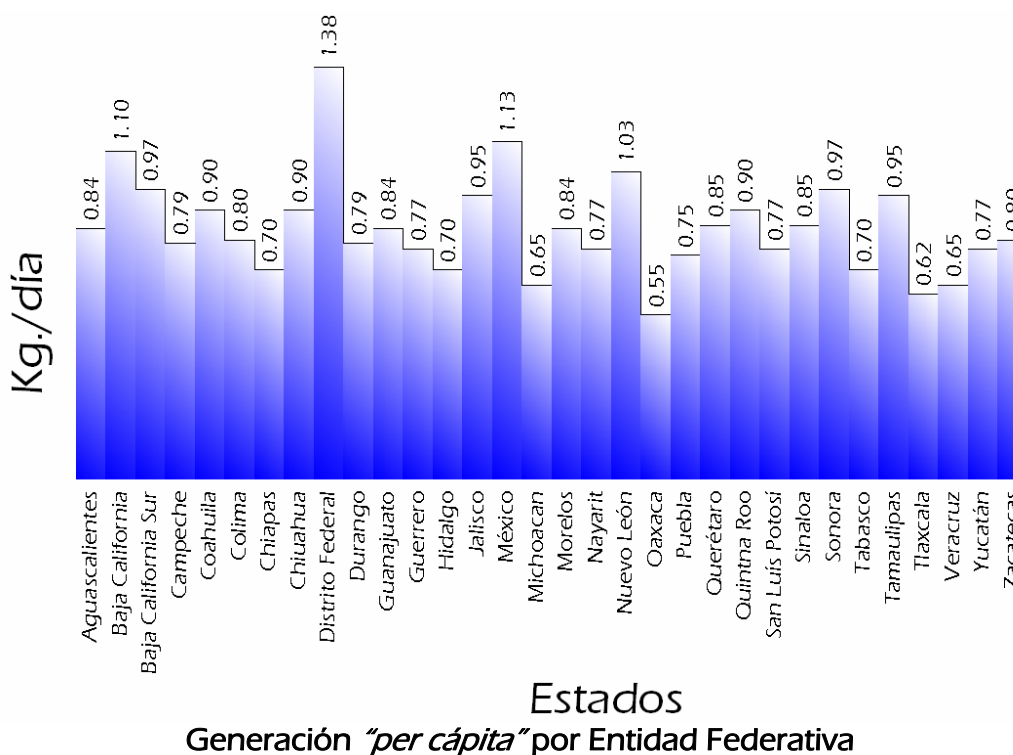
PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS 2004-2020				
Año	Numero de habitantes	Generación Kg./hab./día	Toneladas diarias	Toneladas diarias en miles
2004	105,350,000	0.900	94,800	34,600
2005	106,452,000	0.910	96,900	35,370
2010	111,614,000	0.960	107,100	39,100
2015	116,315,000	1.010	117,500	42,890
2020	120,639,000	1.060	128,000	46,700

La generación de basura continuara incrementándose de acuerdo con las proyecciones de la población del *Consejo Nacional de Población (CONAPO)* y un crecimiento estimado en la generación por habitante del 1% anual, determinado en función de datos de la *Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)*. Las proyecciones presentadas permiten visualizar la situación que deberá enfrentar el país en los próximos años y pueden dar la pauta sobre el tipo y proyección a desarrollar a mediano y largo plazo.

2.3 GENERACIÓN “PER CÁPITA” DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

2.3.1 Generación “per cápita” Estatal.

Al analizar la generación “per cápita” al nivel de entidad federativa, en la siguiente figura se observa que el Distrito Federal es el principal generador seguido de los estados de Nuevo León, Estado de México y Baja California. Por su parte en entidades como Puebla y Veracruz se ubican en los sitios 20 y 24, lo que muestra claramente la relación que existe entre la generación de residuos sólidos y el nivel de urbanización y desarrollo económico de las regiones y localidades:

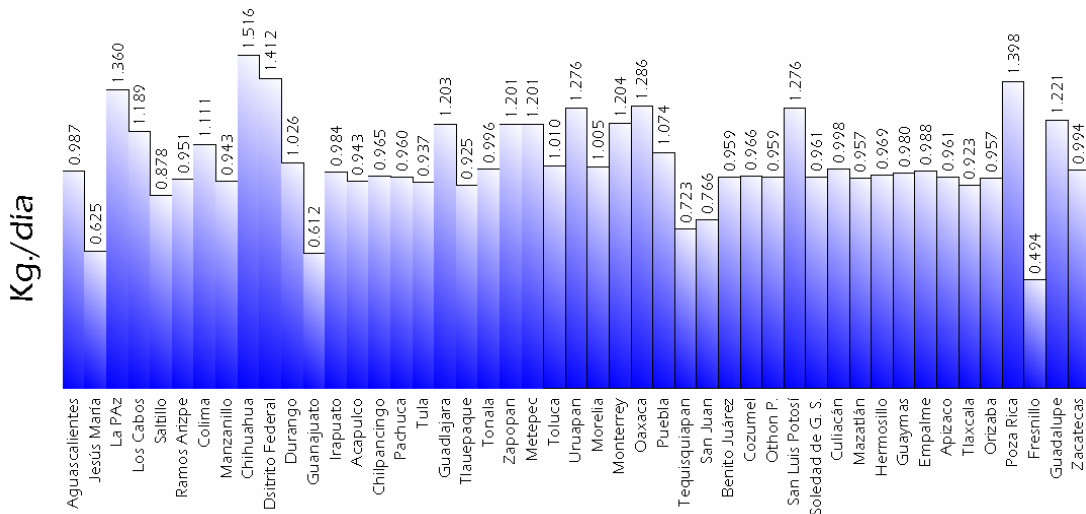


Los cambios tecnológicos y de patrones de consumo han incidido en la cantidad y en la composición de los residuos sólidos en México; hace más de cuatro décadas el porcentaje de plástico apenas alcanzaba el 1% y el vidrio el 3%, mientras que la materia orgánica era y sigue siendo el gran aportador, no obstante que con el paso del tiempo tiende a disminuir en forma gradual su participación, pasando de un rango de 65 a 70% en aquellos años, a un rango de 50 a 55% en la actualidad. Estos cambios se deben en parte a la incorporación cada vez mayor de productos plásticos en todas sus formas y al consumo de productos desechables.

Al orientar el análisis a nivel de generación “per cápita” que se muestra en la siguiente figura, la situación varía, ocupando Chihuahua el primer lugar con una generación “per cápita” de 1.516 Kg./día, seguida por el Distrito Federal con 1.412 Kg./día, Poza Rica con 1.398 Kg./día y Oaxaca con 1,286 Kg./día.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO II: Generación de los Residuos Sólidos Urbanos.



Generación "per cápita" de Residuos Sólidos por Ciudad

La tendencia de incremento de generación se estima que puede variar del 1 al 3% anual dependiendo de la localidad. La región centro del país, incluyendo el Distrito Federal produce el 62% de los residuos generados en el país.

La generación per cápita de residuos sólidos urbanos se ha incrementado en las últimas tres décadas en casi siete veces, así como las características de los residuos biodegradables y elementos de lenta y difícil degradación. La composición de estos depende esencialmente, como ya se ha comentado, de los siguientes factores:

- El nivel de vida de la población.
- La estación del año.
- El día de la semana.
- Las costumbres de los habitantes.
- La zona donde se habita.

De acuerdo a lo anterior el incremento de nivel de vida de la población provoca un aumento de los residuos en relación a los embalajes o empaques, botes, plástico, papeles y cartones. En cuanto a las estaciones del año, es lógico pensar que en el verano se producen más residuos de frutas y verduras, mientras que en el invierno se producen más botellas de licor, latas, envolturas y otros, aunado a ello las fiestas decembrinas.

Otro factor que contribuye a la cada vez más grande generación de residuos sólidos urbanos es la rapidez con la que los productos pasan a ser inútiles o pasados de moda, inservibles u obsoletos. Esto provoca una mayor generación de residuos además de una gran cantidad de bienes de uso efímero conocidos como *desechables*. Los estudios que a la fecha existen en materia de generación de residuos sólidos urbanos, se ha enfocado esencialmente en los residuos sólidos urbanos generados en casa habitación y comerciales, existiendo muy poca información sobre los generados en otras fuentes como las industrias.

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO II:
Generación de los Residuos Sólidos Urbanos.

2.3.2 Promedio Nacional.

En el siguiente cuadro se representa los índices de generación “*per cápita*” de las ciudades en cada región. Se observa que el menor índice se presenta en localidades de las regiones centro y sureste (0.490 Kg./día), mientras que el mayor se encuentra en la región norte (1.500 Kg./día).

GENERACIÓN “PER CÁPITA” POR RANGOS Y POR REGIÓN				
Rangos de generación:	Región Norte Kg./hab./día	Región Occidente Kg./hab./día	Región Centro Kg./hab./día	Región Sur Kg./hab./día
Mayor	1.500	1.000	1.000	1.420
Menor	0.500	0.600	0.490	0.490
Promedio	1.000	0.800	0.745	0.855

En base a estas estadísticas, se obtiene el promedio nacional, que es de **900 Kg./hab./día**.

2.3.3 Comparación de Generación “*per cápita*” a Nivel Mundial.

Si bien la generación per cápita de residuos sólidos en nuestro país es inferior a la de otros países del mundo como se muestra en el siguiente cuadro, su volumen total diario sobrepasa las capacidades instaladas en la mayoría de los municipios.

TASA DE GENERACIÓN “PER CÁPITA” EN MÉXICO Y OTROS PAÍSES.	
País:	Generación “<i>per cápita</i>” Kg./hab./día
E.U.A.	1.970
Canadá.	1.900
Finlandia.	1.690
Holanda.	1.300
Suiza.	1.200
Japón.	1.120
México.	0.900

2.4 NORMAS MEXICANAS EMPLEADAS EN LOS ESTUDIOS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

El estudio de generación sirve para determinar la cantidad de residuos sólidos urbanos que se deben almacenar. La cantidad de residuos que se produce se relaciona con:

- Número de habitantes de la vivienda.
- Estación del año.
- Día de la semana.
- Nivel socioeconómico.
- Hábitos alimenticios.
- Infraestructura de servicios.

El índice de generación "*per cápita*" se obtiene en base a la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en *Kilogramos por Habitante por Día (Kg./hab./día)*, a partir de información obtenida de un muestreo aleatorio en campo y en cada uno de los sectores socioeconómicos de la población. El procedimiento para el estudio de la generación se encuentra descrito en las Normas Mexicanas mostradas en la siguiente tabla:

NORMAS MEXICANAS EMPLEADAS PARA ESTUDIOS DE GENERACIÓN.	
Norma:	Objetivo:
NMX-AA-015-1985 <i>(NTRS – 3)</i> Muestreo – Método de cuarteo	Establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en laboratorio.
NMX-AA-019-1985 <i>(NTRS – 4)</i> Peso volumétrico "in situ"	Establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó este método.
NMX-AA-022-1985 <i>(NTRS – 5)</i> Selección y cuantificación de subproductos	Establece un método para la cuantificación de subproductos contenidos en los residuos sólidos municipales.
NMX-AA-061-1985 <i>(NTRS – 2)</i> Determinación de generación	Especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio. Para efectos de aplicación de esta norma de residuos sólidos municipales se subdividen en domésticos (generados en casa-habitación) y no domésticos (generados fuera de casa-habitación).

CÁPITULO II:
Generación de los Residuos Sólidos Urbanos.

2.5 DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (PESO VOLUMÉTRICO).

La densidad o peso volumétrico se define como “*El volumen necesario para almacenar una determinada cantidad de residuos de acuerdo a su peso*”. Este parámetro está relacionado a las características físicas de los residuos.

Su determinación está establecida en la norma NMX-AA-019-1985 (NTRS – 4) “Peso Volumétrico *in situ*” y en la siguiente tabla se presentan los pesos volumétricos promedio encontrados en nuestro país.

PESO VOLUMÉTRICO ENCONTRADO POR TIPO DE PROCESO.	
Etapas del proceso:	Peso volumétrico Promedio (Kg./m³).
En la fuente de residuos domésticos.	180 a 200
En vehículo recolector no convencional.	200 a 250
En vehículo recolector con compactación.	400 a 450
En tracto camión.	450
En sitio sin control.	200
En relleno sanitario, compactado con tractor D-X.	650 a 750
En relleno sanitario con tractor especial para compactar (<i>pata de cabra</i>).	850 a 900

CAPÍTULO III:
Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Almacenamiento.

La legislación nacional define el Almacenamiento de los Residuos se define como:

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3º, sección II, **Almacenamiento:** *“El depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final”.*

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 (NTRS-1), Terminología.

- Apartado 2.6, **Almacenamiento:** *“La acción de retener temporalmente los residuos sólidos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se disponen”.*

3.1 GENERALIDADES.

Cualquier material que adquiere la calidad de residuo pasa a formar parte de un proceso de operaciones secuenciales que conforman un sistema de manejo de residuos. La primera de estas operaciones en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos consiste en su almacenamiento.

Este se entiende por *Almacenamiento* a la acción de guardar temporalmente los residuos en tanto se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.

Debido a que los residuos que se producen no se pueden eliminar de inmediato, se requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuado para mantenerlos mientras esperan ser evacuados o retirados.

Esta operación es responsabilidad exclusiva del generador del residuo por ello es necesario que exista una reglamentación al respecto con el objeto de que se haga un almacenamiento adecuado.

El almacenamiento apropiado de los residuos tiene en el manejo de los mismos y en el aseo urbano correcto, una mayor eficacia.

Por el contrario, el almacenamiento inadecuado tiene varios aspectos negativos sobre el servicio de recolección debido principalmente a:

- Uso de recipientes de capacidad inadecuada (muy grandes o muy pequeños).
- Material de construcción de los recipientes inadecuado.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO III:
Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

- No se separan los componentes (Residuos Orgánicos e Inorgánicos).

Lo anterior propicia que:

- Aumente el tiempo de recolección.
- Se provoquen lastimaduras al personal del servicio de recolección.
- Se afecte la salud de la población al proliferar fauna nociva, como insectos y roedores.

En nuestra sociedad, el uso de recipientes inadecuados representa uno de los principales problemas en la forma de almacenar los residuos en espera de la recolección. El uso de recipientes de gran capacidad como los tambos de 200 Lts. ocasiona problemas debido al gran peso propio del recipiente, ya que una vez llenos son difíciles de manejar para su descarga, por lo que son una fuente potencial de lastimaduras para el personal de recolección.

Otros tipos de recipientes como cajas de cartón y bolsas de papel, resultan problemáticos debido a que los residuos que normalmente se desechan, contienen una alta cantidad de materia orgánica, lo que origina que estos recipientes se humedezcan y se desbaraten con el manejo, esparciendo los residuos; también son fácilmente accesibles para la fauna nociva, propiciando su proliferación.

El uso de bolsas de plástico, también presenta algunos inconvenientes, ya que estas son perforadas fácilmente por materiales punzo-cortantes y retardan la descomposición de residuos contenidos en ellas, una vez que son depositados en los rellenos sanitarios.

CÁPITULO III:
Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

3.2 TIPOS DE ALMACENAMIENTO:

El almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos se dividen en 2 tipos: *Almacenamiento Domiciliario y No Domiciliario.*

3.2.1 Almacenamiento Domiciliario:

Este tipo de almacenamiento se efectúa en las viviendas o casa-habitación sean unifamiliares o unidades multifamiliares. A su vez se divide en:

- ⇒ **Almacenamiento Interno:** Es el que realizan los habitantes de las viviendas en las diversas áreas como son: cocina, recamaras, baños, estudios, salas de T. V. etc.
- ⇒ **Almacenamiento Externo:** Es aquel en donde se depositan los residuos generados en la vivienda, disponiendo para ello de un recipiente más grande y un lugar especial en el exterior de la vivienda.

3.2.2 Almacenamiento No Domiciliario:

Es aquel que se realiza en las diversas fuentes generadoras como:

- ⇒ Comercios.
- ⇒ Tiendas de autoservicio.
- ⇒ Industrias.
- ⇒ Servicios públicos.
- ⇒ Mercados.
- ⇒ Terminales de auto-transporte.
- ⇒ Hospitales.
- ⇒ Instituciones.
- ⇒ Otros.

Hay que considerar que en estas fuentes generadoras también se realiza un almacenamiento interno y externo. Por ejemplo: en los grandes centros comerciales, se considera como almacenamiento interno el que realiza cada uno de los locatarios utilizando diversos tipos de recipientes de poco volumen; y de otra forma, el almacenamiento externo que se realiza en recipientes de mayor capacidad, generalmente tambos de 200 Lts. que captan los residuos de los recipientes internos más pequeños.

CÁPITULO III:
Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

3.3 TIPOS Y USOS DE RECIPIENTES.

3.3.1 Características de los Recipientes utilizados en el Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

En la siguiente tabla se presentan las ventajas y desventajas de varios tipos de recipientes:

CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES UTILIZADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS		
Recipiente:	Ventajas:	Desventajas:
Cajas de cartón:	<ul style="list-style-type: none"> • Económica. • Poco peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de deteriorarse. • Difícil manejo. • Fácilmente destruible por la humedad de residuos sólidos. • Fácil acceso a vectores. • Inflamable.
Cajas de madera:	<ul style="list-style-type: none"> • Económica. • Estructura más o menos sólida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil deterioro. • Provoca accidentes. • Fácil dispersión de residuos. • Difícil manejo. • Fácil acceso a vectores. • Inflamable • No impermeable.
Botes de Lámina con Tapa:	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manejo. • Mantiene condiciones Sanitarias. • Estructura sólida. • Difícil acceso a vectores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con el uso se deterioran. • Fácil de oxidar si no se dan mantenimiento. • Provoca cortaduras a los recolectores y a los usuarios cuando están deteriorados.
Botes de Plástico con Tapa:	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manejo. • Sanitario. • Sin ruido. • Peso ligero • Dificulta el acceso a vectores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura no muy sólida.
Bolsas de Papel:	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el tiempo de recolección. • Económica. • Poco peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se rompe fácilmente. • Perforada por materiales punzo-cortantes. • Afectada por la humedad. • Inflamable.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO III:
Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

Bolsa de Plástico:	<ul style="list-style-type: none">• Fácil manejo.• Disminuye el tiempo de recolección.• Económica• Sanitaria• Peso ligero• Disminuye el ruido	<ul style="list-style-type: none">• Perforada por materiales punzo-cortantes.• Inflamables.
---------------------------	--	--

3.3.2 Recipientes para Casa – Habitación:

El almacenamiento existente en casa-habitación unifamiliares generalmente se realiza utilizando recipientes de poco volumen y tan diversos como botes de lamina galvanizada o de plástico, bolsas de plástico, recipientes improvisados como cajas de cartón o de madera y hasta recipientes de desecho como botes, cubetas, ollas, etc.

Los recipientes más adecuados son los botes de lamina galvanizada y de plástico de capacidad variable de acuerdo a la cantidad de residuos generados, aunque lo más recomendable es que sean entre 60 y 100 Lts., recipientes más grandes tienen la desventaja de ser difíciles de cargar por un solo hombre, mientras que los recipientes de menos de 60 Lts. afectan los tiempos de recolección al ser el mayor número de recipientes a descargar. Estos recipientes deberán tener las siguientes características:

- Forma cilíndrica con la base de menor diámetro.
- Con la tapa ajustada y asas a ambos lados.
- Resistentes a la corrosión, golpes e inclemencias del tiempo.
- De preferencia que tengan ruedas para su desplazamiento.
- De fácil manejo para su limpieza y desinfección.

3.3.3 Recipientes para Multifamiliares:

En los edificios de departamentos, multifamiliares y condominios horizontales es común encontrar que se utilizan tambos de 200 Lts. para el almacenamiento externo de los residuos. Como ya se menciono estos recipientes son inadecuados en su tamaño por lo cual se provocan problemas en las eficiencias del servicio de recolección.

Los recipientes conocidos como contenedores son los más adecuados para ser usados en estos lugares. Por lo común los contenedores son de construcción metálica y varían en cuanto su capacidad, pero los más usados son de 1.5m³ de capacidad. El uso de contenedores requiere de un servicio especial de recolección que cuente con camiones que tengan el aditamento especial para realizar la descarga del contenedor.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO III: Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

De este modo antes de adquirir este tipo de recipientes se debe verificar si se tiene el servicio de recolección adecuado. Estos contenedores deben tener las siguientes características:

- Capacidad suficiente para recibir los residuos generados.
- Resistentes a impactos fuertes.
- Resistentes a inclemencias del tiempo.
- Con drenaje para líquidos acumulados.
- De fácil manejo para su limpieza, mantenimiento y desinfección.
- Que cuenten con tapa.
- Sin aristas afiladas.

3.3.4 Recipientes para Sitios Públicos:

En los sitios públicos se utilizan los recipientes conocidos como papeleras. Estos recipientes se colocan en calles, parques y otros sitios públicos y se destinan a recibir exclusivamente a aquellos residuos que son generados por el público asistente a esos lugares.

Los residuos generalmente acumulados son restos de alimentos, envolturas, colillas de cigarrillos, embalajes y envolturas.

Comúnmente, estas papeleras son de construcción metálica, aunque el tamaño de estos recipientes no está completamente definido.

Por lo regular en los días en que hay una mayor afluencia de personas en estos lugares, lo que se hace es reforzar las áreas de almacenamiento, ya sea colocando más recipientes o aumentando la frecuencia de recolección.

3.3.5 Recipientes para Centros de Gran Generación:

Los centros de gran generación son los sitios en los cuales diariamente se genera una gran cantidad de residuos sólidos urbanos, los cuales deben ser almacenados en forma segura e higiénica mientras se efectúa la recolección. Entre los centros de gran generación de los residuos sólidos urbanos, se incluyen:

- Grandes tiendas de autoservicio.
- Mercados.
- Centrales de Abasto.
- Instituciones públicas y privadas.
- Terminales de transporte.
- Industrias.

En estos lugares también se realiza almacenamiento interno y externo. Para el almacenamiento externo se pueden utilizar contenedores de distinta capacidad.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO III: Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

Esto es, se pueden utilizar los de pequeña capacidad como son los de 1.5 m³ o los de gran capacidad como son los contenedores de 8 m³ o más, para cuyo manejo se utilizan los vehículos denominados "roll off" o "roll on".

Las características que deben tener estos recipientes fueron comentadas cuando se hablo de recipientes multifamiliares.

3.3.6 Recipientes para Almacenamiento Industrial:

Las industrias generan una gran cantidad de residuos sólidos, algunos de los cuales representan riesgos para el ambiente y la salud humana. Por ello, es necesario que el almacenamiento externo en las industrias tome en cuenta el origen de cada residuo que se almacena. Esto es, los residuos no peligrosos que se generan en las oficinas, comedores, vestidores, etc. Deberán almacenarse separadamente de los residuos generados en algún proceso industrial.

Para el almacenamiento externo en las industrias se recomienda el uso de contenedores, tolvas de almacenaje y también tambos metálicos. Los contenedores se utilizan principalmente para almacenar los residuos no peligrosos, provenientes de los lugares ya mencionados. Por otra parte, los residuos provenientes de procesos industriales se almacenan en tolvas. De este modo, los residuos almacenados son descargados directamente al vehículo recolector. Puede ser que el vehículo recolector sea propiedad de la industria y se utilice solo para el uso de transporte de esos residuos.

En los casos en que los residuos generados sean peligrosos o tóxicos, estos deben de separarse y almacenarse en tambos metálicos de 200 Lts. y esperar a su recolección especial para estos mismos, estos tambos deberán cerrar herméticamente para evitar el escape de los mismos.

3.3.7 Recipientes para Almacenamiento Hospitalario:

Los hospitales generan una diversidad de residuos en cuyo manejo hay que considerar 2 aspectos fundamentales: que los residuos generados considerados dentro de la NOM-087-ECOL-1995 y aquellos que sean considerados como residuos sólidos urbanos. Estos se generan por las diversas actividades como las del aseo general y las de preparación de alimentos. Los residuos considerados dentro de la norma antes mencionada, son los generados en los laboratorios, salas de hospitalización, quirófanos, servicios de emergencia, eventualmente los de la consulta externa y medicamentos caducos. Básicamente estos residuos se deben de almacenar en el lugar que se generan, utilizando recipientes con las características descritas en NOM-087-ECOL-1995.

Se recomienda como adecuado el uso de recipientes cilíndricos, metálicos o de plástico duro, provistos de tapa hermética, asas y cuya capacidad no sea mayor de 100 Lts. El uso de bolsas de plástico amarrada o sellada con masking tape como complemento del recipiente trae mejoras en las condiciones de manejo y rapidez.

*"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.*

***CÁPITULO III:
Almacenamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Los residuos no contaminados posteriormente se llevan desde el lugar de generación al almacenamiento exterior. Para este almacenamiento se recomienda el uso de contenedores cuyo volumen estará determinado por la cantidad de residuos generados. Estos contenedores deben mantenerse protegidos del sol, lluvia, viento, animales y personas ajenas y con espacio suficiente para las maniobras de recolección y limpieza.

3.4 ZONA DE ALMACENAMIENTO.

La zona de almacenamiento es el lugar donde son colocados los recipientes de almacenamiento externo en las diversas fuentes generadoras. Estos lugares deben cumplir con ciertas características que permitan un almacenamiento adecuado de los residuos y faciliten las labores de recolección, tales como:

- El lugar deberá estar cubierto para evitar que la lluvia o el sol afecte los residuos almacenados.
- Deben ser inaccesibles para animales domésticos y a personas ajenas al lugar.
- Los recipientes se colocaran a distancia de 20cm sobre el nivel del piso.
- Antes de la entrega de los residuos al servicio de recolección, se deberán barrer los residuos dispersos e incorporarlos a los recipientes de almacenamiento.
- No deberá haber cosas en desorden o materiales que no estén destinados para entregarse al servicio de recolección.
- El lugar se deberá lavar por lo menos una vez a la semana, con agua caliente y detergente, con la finalidad de eliminar bacterias y olores ocasionados por los residuos que puedan adherirse al piso del lugar.
- De preferencia, el piso del lugar de almacenamiento deberá construirse con materiales impermeables y antiderrapante.

CÁPITULO IV:

Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Recolección.

La Recolección de Residuos se presenta en las siguientes leyes:

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XXVI, **Recolección:** *“La acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final”.*

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 (NTRS-1), Terminología.

- Apartado 2.26, **Recolección:** *“Acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado a conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final”.*

4.1 GENERALIDADES.

El proceso de recolección es la parte medular de un sistema de limpia y tiene como objeto principal preservar la salud pública, mediante la recolección de los residuos sólidos urbanos en los centros de generación y trasportarlos al sitio de tratamiento o disposición final, en forma eficiente y al menor costo, ya que esta etapa es la que emplea un numero considerado de recursos económicos.

Existen 3 tipos de vehículos básicamente, para la recolección de los residuos sólidos urbanos: *camión abierto, camión cubierto y cubierto con compactación.* Se diferencia este último de los demás ya que dispone de un sistema de compactación hidromecánica o mecánica.

Existen camiones abiertos con capacidades de 8 a 20 m³ aproximadamente; así mismo camiones con compactación mecánica que varían en su capacidad, desde 7 hasta 35 m³ o más, que es frecuente.

El equipo convencional para la recolección y transporte de residuos sólidos urbanos, en lo general y real, se puede resumir en:

- Camión de volteo.
- Camión recolector con compactación de carga lateral.
- Camión recolector con compactación de carga frontal.
- Camión recolector con compactación de carga trasera.
- Equipo de transferencia, conocidos como *“Transfers”*.
- Grúa para contenedores y Contenedores – caja.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

4.2 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN.

Para el diseño del sistema de recolección, una de las primeras decisiones que debe tomarse en cuenta es acerca del método de recolección de residuos. Entre los más comunes se tiene:

- *De parada fija.*
- *De acera.*
- *Intradomiciliaria.*
- *Por contenedores.*

Esta decisión incide en las otras variables de recolección, incluyendo el tipo de recipiente para el almacenamiento, tamaño de la cuadrilla y en la selección de los vehículos recolectores. Otro punto de decisión es la frecuencia de recolección. Ambos factores, *el método y la frecuencia* deben considerarse en cuanto a su impacto en los costos de recolección. Dado que el costo de la recolección constituye entre el 70 y 85% del costo total del manejo de los residuos sólidos y a su vez el costo de mano de obra representa del 60 al 75% del costo de la recolección. El incremento en la productividad del personal de recolección puede reducir significativamente los costos globales.

Así mismo se debe determinar que tipo de residuos deben ser rechazados por las cuadrillas de recolección, ciertos materiales, como neumáticos, residuos de jardinería, muebles y animales muertos no son aceptados en el vehículo recolector. Los residuos peligrosos deben ser definitivamente excluidos de la recolección regular, debido a los peligros que entrañan su recolección y disposición.

La siguiente tabla detalla los elementos de cada método:

MÉTODOS DE RECOLECCIÓN			
Método de Recolección:	Equipo con posibilidad de ser empleado:	Equipo Recomendado:	Tipo de Servicio AD – HOC
1. De esquina o parada fija.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo tipo Volteo • Vehículo Compactador de Carga Lateral. • Vehículos Compactadores de Carga Trasera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Compactador de Carga Lateral. 	Dada la recolección de residuos sólidos domésticos en áreas o barrios populares preferentemente, en turnos matutinos y vespertinos sobre todo.

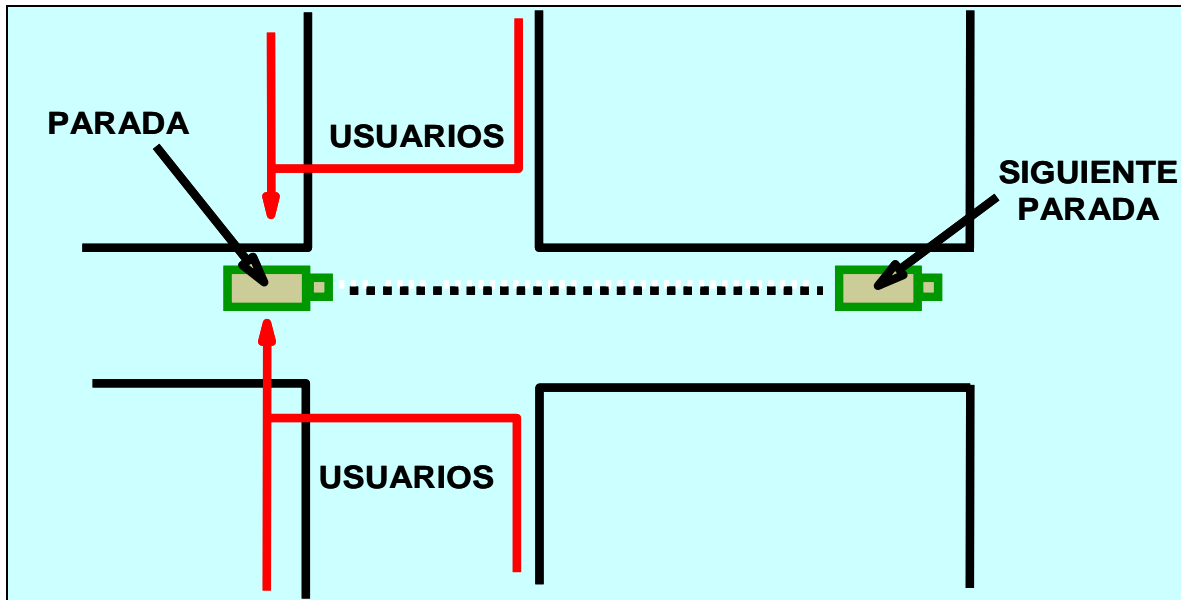
CÁPITULO IV:
Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.

2. De acera.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos Compactadores de Carga Trasera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos Compactadores de Carga Trasera. 	Para la recolección de residuos sólidos de tipo doméstico en áreas o barrios residenciales preferentemente con calles anchas de doble vialidad y con camellón, en todo tipo de turnos sobre todo nocturno en áreas con alto tráfico o alta participación ciudadana.
3. De llevar o traer, intradomiciliaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Compactador de Carga Trasera con o sin Mecanismos Elevadores de Contenedores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Compactador de Carga Trasera con o sin Mecanismos Elevadores de Contenedores. 	Poca recolección de residuos sólidos de tipo doméstico en barrios residenciales con calles anchas, así como en hoteles, hospitales y demás fuentes de gran generación, en todo tipo de turnos preferentemente nocturnos, cuando se dan las condiciones para ellos.
4. De Contenedores.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Compactador de Carga Trasera o Lateral con o sin Mecanismos Elevadores de Contenedores. • Vehículo Compactador de Carga Frontal. • Vehículo "roll-on" y "roll-off". 	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Compactador de Carga Frontal de Gran Volumen. • Vehículo "roll-on" y "roll-off" de Gran Capacidad Volumétrica y preferentemente con Mecanismos de Compactación. 	Para recolección en zonas de gran generación, de difícil acceso como son: hoteles, mercados, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas marginadas en todo tipo de turnos; preferentemente para centros de gran generación.

4.2.1 Método de “parada fija o de esquina”.

Consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles en donde previamente por medio de una campana se comunica la llegada del camión y los usuarios acuden a entregar sus residuos.

Este método es de los más comunes y económicos, sin embargo cuando no hay quien tire los residuos, estos pueden acumularse en exceso y ser arrojados clandestinamente.

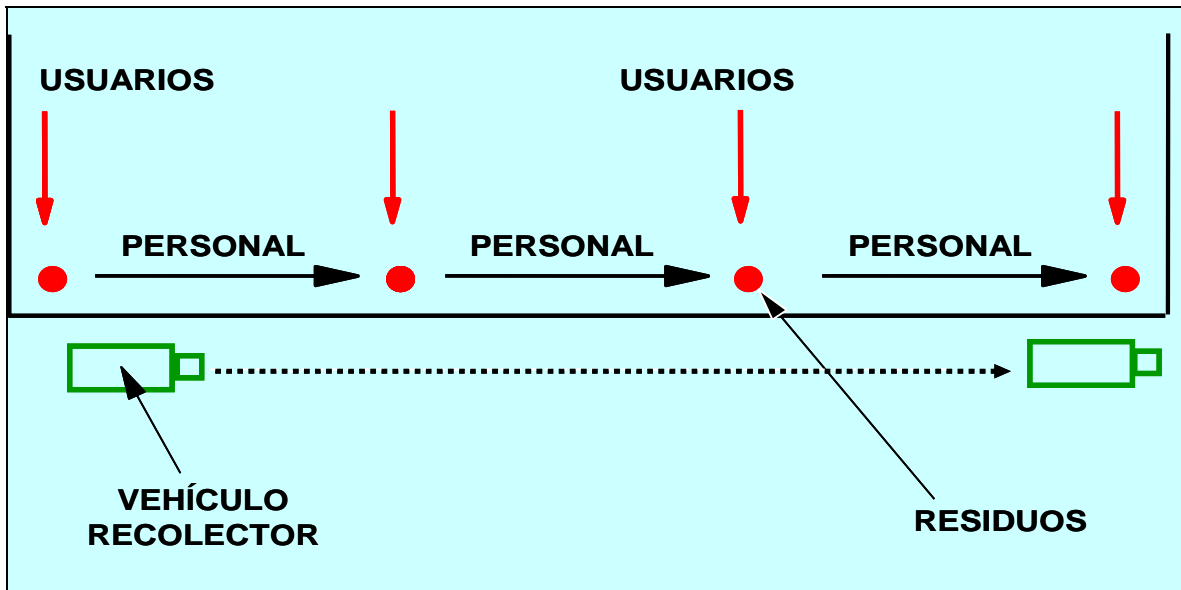


4.2.2 Método “de acera”.

Consiste en que simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, los *peones* de la cuadrilla van recogiendo los residuos, previamente colocados por los residentes en el frente de sus casas. Este método debe tener un horario y una frecuencia cumplida y los residentes deben estar informados de ello.

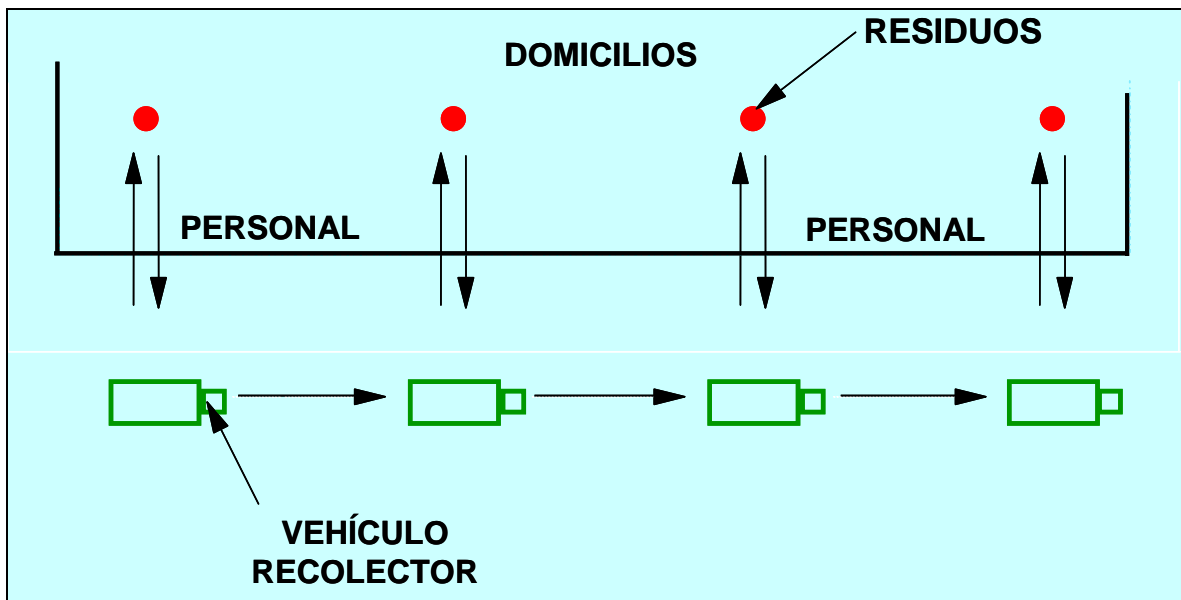
Para evitar que los animales domésticos rompan las bolsas pueden instalarse soportes con canastillas metálicas para colocar las bolsas lejos del alcance de los animales.

La cuadrilla del vehículo debe estar integrada como mínimo, por un chofer y dos peones; el chofer tiene como obligación cumplir las rutas, horarios y frecuencias.



4.2.3 Método "Intradomiciliario".

Es semejante al anterior, con la variante de que los operarios del vehículo recolector, entran hasta la entrada de las casa habitación por los recipientes con residuos, regresándolos hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez de haberlos vaciado dentro de la caja del vehículo. Este método de recolección suele resultar más costoso que el de acera y aún más que el de esquina.



4.2.4 Método de "contenedores".

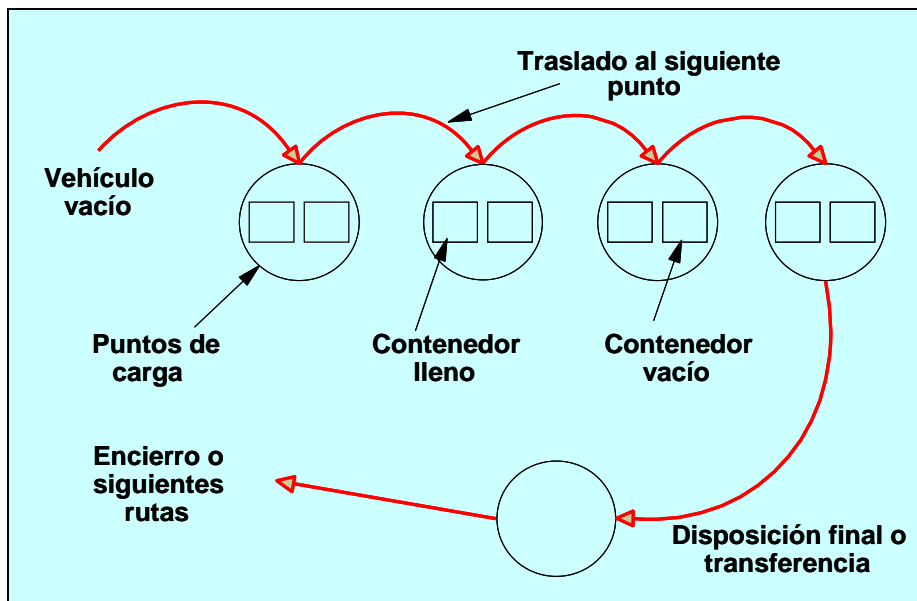
Esta recolección requiere de empleo de camiones especiales y que los contenedores estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector. Este

*"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.*

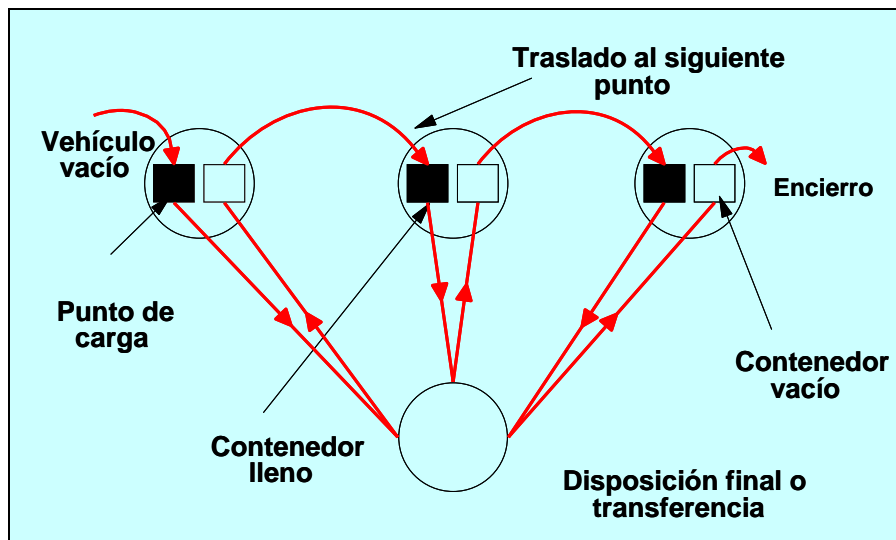
CÁPITULO IV:
Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.

método es ideal para centros de gran generación de residuos, como: centrales de abasto, unidades habitacionales, hoteles, mercados, tiendas de autoservicio, industrias limpias, etc., esto exige que la recolección se de con la debida oportunidad por que de lo contrario puede ocasionar focos de contaminación al mantener almacenados grandes cantidades de residuos. Se distinguen dos tipos:

- *Contenedores Fijos.* En donde el camión recolector toma el contenedor lleno, vacía el contenido de estos y deposita el contenedor en su misma posición. Por lo general, el equipo cuenta con sistema mecanizado y la capacidad de los contenedores varía entre 1 y 7 m³.
- *Contenedores Móviles.* Estos pueden traer ruedas y por ende se deben jalar y otros no, para los cuales se va a necesitar una grúa especial.



Método de Contenedores Fijos.



Método de Contenedores Móviles.

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.

4.3 DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN.

Una fase importante del sistema de recolección de residuos es la que comúnmente se conoce como ruta, la cual no es otra cosa que un recorrido específico que deben realizar diariamente los vehículos recolectores en las zonas de la localidad, donde han sido asignados con el fin de recolectar en la mejor forma posible los residuos generados por los habitantes de dicho sector.

En el medio mexicano y en otras partes de Latinoamérica, el sistema más usado tradicionalmente, para el diseño de rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos ha sido en base y experiencia del jefe de limpia o bien de los chóferes de los vehículos recolectores, quienes hacen las veces de proyectistas.

Obviamente que el criterio y experiencia tanto del jefe de limpia como de los chóferes no es siempre lo mejor, por lo cual la mayoría de las rutas de recolección diseñadas por ellos dejan mucho que desear en cuanto a aspectos de operación y funcionamiento.

Esto trae como consecuencia:

- Deficiente operación y funcionamiento del equipo.
- Desperdicio de personal.
- Reducción de las coberturas del servicio de limpia.
- Proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto en diferentes puntos de la ciudad.

4.3.1 Reglas básicas para el diseño de Rutas de Recolección.

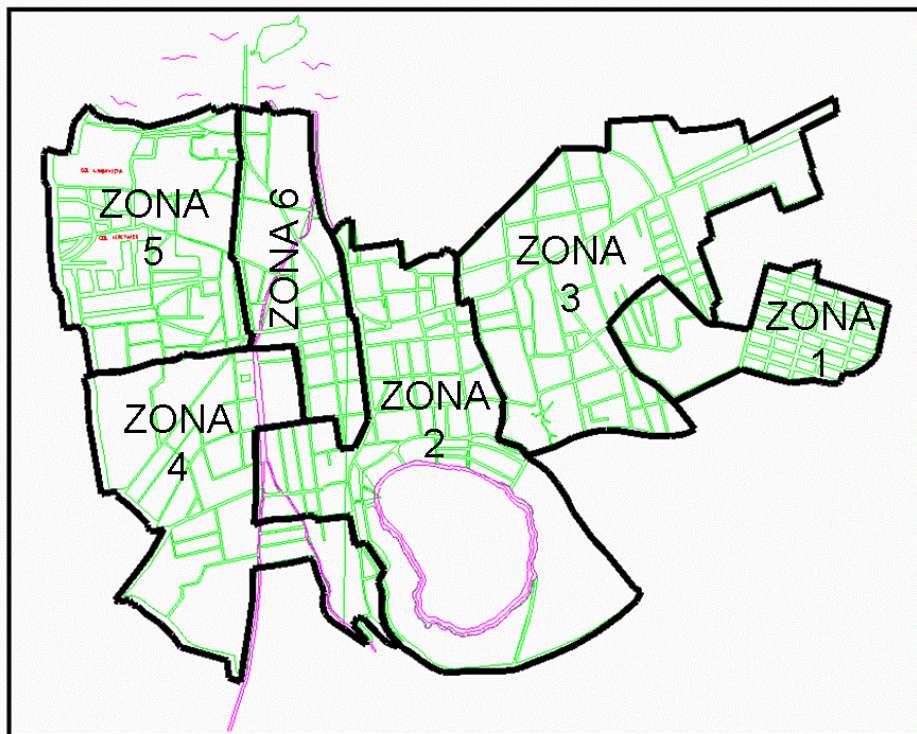
- a) El diseño de rutas trata de aumentar la distancia productiva respecto a la total.
- b) Los recorridos, no deben fragmentarse ni traslaparse. Cada uno debe de consistir en tiempos que queden dentro de la misma área de la ciudad o localidad en estudio.
- c) El inicio de una ruta debe estar cerca del garaje y el final cerca de la estación de transferencia o del lugar de disposición final de residuos sólidos.
- d) En lugares con pendientes fuertes o desniveles altos, debe iniciar el recorrido en la parte alta. De igual forma si se presentan hondonadas que hay que bajar y luego subir, cuando el vehículo recolector va con poca carga.
- e) Tratar de recolectar simultáneamente ambos lados de la calle haciendo recorridos largos y rectos, con pocas vueltas. Sin embargo ello no es recomendable en avenidas muy anchas o con mucho tráfico.
- f) Se debe respetar el sentido de circulación y la prohibición de ciertos virajes.
- g) Evitar los giros a la izquierda y las vueltas en "U", por que hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tráfico.

CÁPITULO IV:
Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.

- h) Las calles con mucho tránsito deben recorrerse en las horas en que este disminuya.
- i) Cuando hay estacionamiento de vehículos hay que procurar efectuar la recolección en los momentos en que la calle este más despejada.
- j) En las calles muy cortas o sin salida, es preferible que los vehículos recolectores no entren en ellas, sino que esperen en la esquina y que el personal vaya a buscar los receptáculos con los residuos o en su caso el público lo deposite en la esquina más cercana a la ruta de recolección. Esto economiza mucho tiempo.
- k) Cuando la recolección se hace primero por un lado de la calle y después por el otro, generalmente es mejor tener recorridos con vueltas a la derecha alrededor de las manzanas.
- l) Es preciso reconocer muy bien las características propias de la ciudad para que las rutas de los camiones recolectores no causen muchos problemas.

4.3.2 Diseño de Macrorutas:

Se denomina macrorruta a la división de la ciudad en sectores operativos, a la determinación del número de camiones necesarios en cada una y a la asignación de un área del sector a cada vehículo recolector. Básicamente el macrorroteo consiste en dos etapas: proyecto de gabinete y ajuste de campo; en el primero se hace el cálculo teórico de necesidades de áreas asignadas a cada vehículo y en el segundo se afirman los contornos de las mismas para balancearlos y nivelar las cargas de trabajo entre las diferentes cuadrillas.



“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO IV: **Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.**

En forma general, se puede decir que el diseño de las macro rutas se puede llevar a cabo de la siguiente manera:

- **Sectorización:** Consiste en dividir la ciudad (si es suficientemente grande), en sectores operativos de manera que cada uno tenga los vehículos de recolección, recorridos, oficinas y garaje (encierro), buscando que sea una sección administrativa autónoma con servicio de mantenimiento, prevención y limpieza. Algunos criterios que pueden aplicarse para definir los sectores, además del tipo de unidades de recolección; son cerros, cañadas, ríos, calles, avenidas, vías férreas, etc.
- **Zonificación del sector:** Cada sector se debe dividir en zonas que serán cubiertas por un vehículo recolector durante la semana. Para realizar esto se debe contar con la siguiente documentación para cada colonia o barrio dentro del sector:
 - ⇒ Planos que contengan: Urbanización, lotificación, áreas pavimentadas, topográficos y tipos de disposición y/o tratamientos.
 - ⇒ Zonas de habitación unifamiliar: Nivel socioeconómico, número de casas, tránsito, vialidad y número de habitantes por vivienda.
 - ⇒ Localización de puntos de gran generación de residuos sólidos: mercados, supermercados, centros comerciales, cines, hospitales, restaurantes, etc.
 - ⇒ Generación unitaria de residuos sólidos de los elementos anteriores.
 - ⇒ Método de recolección a utilizar.
 - ⇒ Frecuencia de recolección.

4.3.2.1 Factores que intervienen en el diseño de macrorutas.

- **Población:** Generalmente la vida de un proyecto de recolección es corta, entre 5 y 8 años, según la vida útil del equipo, por lo tanto es necesario estimar la población durante unos 10 años y establecer un programa de reposición de equipo.
- **Producción de Residuos Sólidos:** Para determinar la producción de residuos sólidos en *Kg./hab./Día*, es preciso pesar todos los residuos recolectados durante una semana para sacar un promedio y dividir la carga total por la población atendida y por 7 días. El cálculo puede hacerse para toda una ciudad pero como suele haber variaciones para las diferentes zonas de la misma, se efectúa para cada sector.
- **Frecuencia de recolección:** Se concibe a la frecuencia de recolección como la cantidad de veces que se presta el servicio de manejo de basura por unidad de tiempo, es decir, el número de veces al día, semana o mes, en que el vehículo recolector sirve un sector, generalmente se da en número de veces por semana; la decisión de la frecuencia depende fundamentalmente de:
 - ⇒ Costo.
 - ⇒ Hábitos de la población.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO IV:
Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.

- ⇒ Volumen de almacenamiento.
- ⇒ Ciclos de reproducción de insectos.
- **Distancias entre paradas:** Con el fin de diseñar un sistema adecuado de recolección, que de una buena imagen a los usuarios del servicio, deberá estimarse una distancia prudente entre paradas, entre los contenedores, si esos fueran los casos, los municipios deben contar con ciertos parámetros técnicos y demográficos como:
 - ⇒ Procedencia y volumen de los residuos sólidos.
 - ⇒ Tipo de almacenamiento.
 - ⇒ Frecuencia de recolección.
 - ⇒ Método de recolección y tripulación.
 - ⇒ Tipos de vehículos, etc.
- **Capacidad del vehículo:** La capacidad depende del volumen de la caja y del peso volumétrico de los Residuos Sólidos Urbanos, dependiendo de la existencia de mecanismos compactadores. Normalmente la capacidad de los vehículos se expresa en m^3 o yd^3 .
- **Número de viajes por turno:** El número de viajes por turno puede ser 1, 2 o 3 y eventualmente 4. En un primer cálculo puede considerarse 2 o sea $N=2$, para más adelante ajustarlo según el tiempo disponible. Una vez definidos los parámetros anteriores se puede determinar el número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector también el número de viajes por vehículo, la capacidad útil de los vehículos, así como el tamaño de la cuadrilla, la distancia productiva y los ajustes.
- **Número de vehículos necesarios o zonas en que dividirá el sector:** Como una primera aproximación de número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector.
- **Número de viajes por vehículo:** Una vez seleccionado un vehículo, el número de viajes se convierte en un parámetro clave para medir la eficiencia del sistema de recolección. Para estimar el número de viajes es necesario definir los tiempos requeridos por el vehículo para realizar cada una de las acciones de su ciclo de trabajo, el cual teóricamente queda expresado por:
- **Capacidad útil del vehículo:** La capacidad depende del volumen de la caja y de la densidad que alcanza el residuo sólido, dependiendo esta última de la existencia de mecanismos compactadores.
- **Número de casas o usuarios por vehículo:** El número de casas o usuarios que puede servir un vehículo se estima a través de la siguiente fórmula. La zona o ruta que se asigna al vehículo para cubrirla en la semana de seis días hábiles, deberá tener un número de viviendas dado por:
- **Tamaño de la cuadrilla:** Este es un parámetro esencial para optimizar el uso del vehículo recolector de acuerdo con el tamaño de la caja y se puede estimar a través de la siguiente relación:
- **Diseño de rutas:** Después de efectuar la zonificación es necesario diseñar cada ruta en detalle, para lo cual es preciso considerar reglas básicas que se sustentan en una serie de factores variables de acuerdo con la localidad en cuestión, las cuales se enuncian a continuación.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

- ⇒ Traza urbana de la localidad.
- ⇒ Topografía de la localidad.
- ⇒ Ancho y tipo de calles.
- ⇒ Método de recolección.
- ⇒ Equipo de recolección.
- ⇒ Densidad de población.
- ⇒ Generación de residuos sólidos.
- **Ajuste para domingo:** Normalmente no se trabaja en recolección los domingos. Si el servicio es tres veces por semana, los lunes y martes habrá un 50% más de residuos sólidos que el resto de los días. Esto no se tomó en cuenta al zonificar, por lo que al estar las rutas programadas para que los vehículos trabajen a su máxima capacidad, los lunes y martes tendrán que hacer un viaje adicional.

4.3.3 Diseño de Microrutas.

Se denomina microruteo, al recorrido específico que deben realizar diariamente los vehículos recolectores de residuos sólidos, en los sectores de la ciudad donde ha sido asignado. El diseño de micro rutas debe hacerse con base en una serie de factores variables de acuerdo con la ciudad en estudio, de acuerdo a los enunciados a continuación:

- Planos que contengan traza urbana, topografía, ancho y tipo de calles y tipos de disposición final.
- Método de recolección.
- Equipo de recolección.
- Densidad de población.
- Generación de residuos sólidos.

4.3.3.1 Métodos para el diseño de micro rutas.

Para el diseño de micro rutas se emplean dos tipos métodos: *Los Métodos Heurísticos o "Reglas de Dedo"* y *Los Métodos Determinísticos*.

- *Métodos Heurísticos o Reglas de Dedo.*

El método heurístico es aproximado y se basa generalmente en el sentido común del proyectista y en ciertas *"reglas de dedo"*. Aparentemente requieren de un mínimo de tiempo y de pocos recursos económicos y materiales, además de que varios autores, por experiencia, consideran que son adaptables a un amplio rango de problemas.

Las principales *"reglas de dedo"* empleadas para el diseño de microrutas por métodos heurísticos son:

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO IV: **Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.**

- a) Evitar que se pase dos veces por la misma cuneta, a menos que la frecuencia fijada así lo exija.
- b) Procurar en lo posible que al término de la ruta sea en el punto más cercano al inicio.
- c) Evitar el mayor número de cruces de calles.
- d) Las rutas no deben de estar fragmentadas o traslapadas.
- e) Cada ruta deberá ser compacta, atacando un área geográfica y estar balanceada.
- f) El tiempo total de cada ruta deberá ser razonablemente el mismo.
- g) La recolección deberá comenzar lo más cercano al encierro.
- h) Las calles de un solo sentido se tratarán de atacar desde el principio de ellas.
- i) Se deberán minimizar las vueltas en U y a la izquierda.
- j) Las partes elevadas se atacarán primero.
- k) Generalmente, cuando sólo se recolecta de un lado de la acera, es preferible rodear las manzanas.
- l) Cuando la recolección es por los dos lados de la acera, es preferible recolectar en línea recta por varias manzanas.

- *Métodos Determinísticos.*

En forma general se puede decir que los métodos determinísticos son los más recomendables para el diseño de micro rutas, ya que en ellos se pueden involucrar todos los parámetros que inciden en el diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos. Además con este tipo de métodos si se obtienen rutas optimas de recolección de residuos sólidos. Ahora bien, dos de los más importantes métodos determinísticos son los siguientes algoritmos:

- ⇒ Algoritmo de Little para resolver el problema del agente viajero.
- ⇒ Algoritmo del Cartero Chino.

El primero de ellos se aplica en los casos en que la demanda es discreta; el segundo, es ideal para los casos en que la demanda es continua o semicontinua. De acuerdo con lo último, el algoritmo de Little se debe utilizar cuando el método de recolección de residuos sólidos es exclusivamente de esquina o parada fija; mientras que con el algoritmo del cartero chino, se diseñaran las rutas de recolección de residuos sólidos, cuando la ciudad cuente con un método de recolección tipo acera o intradomiciliaria o bien alguna de sus variantes. Cabe aclarar que el algoritmo del cartero chino, también se puede emplear para el diseño de las rutas de barrido manual y mecánico.

Suposiciones en que se basan estos algoritmos.

- a) Los costos unitarios de transportación son independientes de la cantidad de residuos sólidos transportados.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO IV:
Recolección de los Residuos Sólidos Urbanos.

- b) Se cuenta con un número óptimo de sitios de disposición final o de estaciones de transferencia.
- c) La generación de residuos sólido es fija, no variable y siempre fijada en un sitio.
- d) No existen restricciones de capacidad en el sitio de disposición final o estación de transferencia al aceptar los residuos sólidos recolectados.
- e) El tiempo en que la solución óptima es aplicable es limitado (o en otras palabras no está incluido el factor tiempo en la formación del algoritmo).

Desventajas de estos algoritmos.

- a) Los algoritmos del agente viajero y del cartero chino no toman en cuenta prioridades dentro de la micro ruta. Una prioridad puede ser una mayor generación (más demanda del servicio) en cierto sitio entre muchos otros de menor generación (demanda menor). Son poco flexibles. Cualquier cambio en la topografía, generación, climatología, cambios en la velocidad de cruce del vehículo recolector, cambio en sentido de las calles; hace necesario reformular toda la subrutina para encontrar rutas disponibles.
- b) Los algoritmos dependen de su funcionalidad, de la experiencia que tiene el analista en micro rutas para proponer salidas heurísticas y reducir los requerimientos de cálculo. Ninguno de los algoritmos presenta realmente soluciones óptimas, a mejor opción del algoritmo y del analista, sólo obtendrá como resultado soluciones factibles.
- c) Así mismo no se contempla la intervención de otras unidades de recolección con capacidad de transporte variable y costos unitarios variables. Esto es, si una cuadrilla asignada a una microruta de recolección no termina su meta, no puede haber otra cuadrilla disponible para completar la misión no finalizada.

*CAPÍTULO V:
Transporte de los Residuos Sólidos Urbanos.*

5.1 GENERALIDADES.

Con respecto a los equipos de transporte y recolección primaria de los Residuos Sólidos Urbanos, es importante indicar la conveniencia de emplear siempre que sea factible, vehículos con carrocerías de adecuada capacidad, provistos de compactadores para abatir los costos de recolección. Las carrocerías de volteo, aunque son preferidas por localidades con cierta tendencia rural debido a su versatilidad y menor costo, no son adecuadas para la recolección y transporte de residuos domésticos desde el punto de vista de salud pública, debido principalmente a que son descubiertos y carentes de sello hermético en el fondo, propician el esparcido de residuos y líquidos contenidos en las mismas basuras, a lo largo de sus recorridos dentro y fuera de sus rutas de operación.

En términos generales se puede decir que existen carrocerías de carga lateral, trasera y frontal, estos últimos se usan principalmente para la carga mecánica de contenedores mediante un dispositivo consistente en un par de brazos que ensamblan con el contenedor, elevándolo y vaciándolo por la parte superior de la caja compactadora.

Con base en lo anterior, los equipos de recolección pueden ser clasificados de acuerdo con:

- **Equipos recolectores de alta especialización o tecnificación:** Son aquellos que por adaptación o por diseño original están capacitados para realizar maniobras de carga y descarga de contenedores.
- **Equipos especializados:** Son aquellos que están diseñados para la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos con cierta comodidad, como lo son: los vehículos compactadores de carga trasera y lateral y algunos otros de carga lateral sin mecanismos de compactación, pero con placa empujadora de residuos.
- **Equipos no convencionales:** Será cualquier vehículo utilizado para la prestación del servicio en cuestión que no presenta las características mencionadas para los equipos especializados y de alta tecnificación.

Atendiendo a la clasificación antes descrita se presenta una descripción de los equipos de recolección de residuos sólidos comúnmente usados en la República Mexicana.

5.2 EQUIPOS DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

5.2.1 Equipos de Recolección Altamente Tecnificados.

Estos equipos están diseñados para atender la demanda del servicio, exclusivamente a través de la utilización de contenedores. Son equipos altamente tecnificados donde la variante radica casi exclusivamente en cuanto al mecanismo empleado para la carga y descarga de contenedores, su capacidad normalmente es muy alta de 6 hasta 24 m³.

Cuando se usan adecuadamente su eficiencia de recolección es muy alta. Estos sistemas no son recomendables para la recolección domiciliaria con métodos tradicionales, se sugiere su utilización en mercados, grandes centros comerciales, multifamiliares de gran tamaño, industrias, etc.

5.2.2 Equipos Especializados.

Vehículos compactadores con mecanismos de carga trasera o frontal: Estos vehículos son generalmente de 12 a 30 m³ de capacidad volumétrica con mecanismos de carga y descarga de contenedores, cuya capacidad varía desde 1 hasta 6 m³, según potencia del camión. Su eficiencia de recolección es muy alta cuando se usa adecuadamente, por lo que no debe ser utilizada en la recolección domiciliaria con los métodos tradicionales. Se recomienda para la recolección de residuos sólidos urbanos en mercados, unidades habitacionales, grandes multifamiliares, centros comerciales, grandes centros escolares, etc.

Vehículos compactadores de carga lateral: Pueden ser de carga cuadrada o cilíndrica con mecanismos de compactación. La carga de residuos se hace lateralmente. Su capacidad de carga varía normalmente de 10 a 16 m³, pudiendo en algunos casos ser más elevada. Su principal ventaja es que cuenta con un mecanismo sencillo de compactación, amén de que se le puede adaptar un mecanismo para la carga y descarga de contenedores. Su principal desventaja es que la altura de carga y su diseño obligan a que un empleado viaje dentro de la caja para recibir los residuos, por lo que la compactación no se hace con la regularidad debida.

Vehículo compactador de carga trasera: En este tipo de vehículos la carga de residuos se hace a través de una tolva que se encuentra ubicada en la parte posterior de la carrocería, son de 10 a 20 m³ de capacidad, con equipo opcional para carga de contenedores, sus principales ventajas son que la altura de carga son bajas, que los operarios no tienen acceso a los residuos para *“pepenarlos”* una vez que el mecanismo compactador de carga se ha hecho funcionar y además puede atender contenedores pequeños en su ruta de recolección.

Vehículos sin mecanismo de compactación de carga lateral o trasera: La utilización de este tipo de vehículos cada día se hace más frecuente por los altos costos de *“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”*.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO V: ***Transporte de los Residuos Sólidos Urbanos.***

inversión y mantenimiento del equipo especializado. Su capacidad normalmente varía de 8 a 16 m³ de capacidad, la carga de residuos se hace en la mayoría de los casos en forma lateral, aunque en algunas veces se hace por la parte trasera. Su diferencia con respecto a los vehículos con mecanismos de compactación, radica básicamente en la carencia de tales mecanismos. El bajo costo de inversión y los reducidos requerimientos económicos y mano de obra especializada para su mantenimiento, son sus principales ventajas. Su principal desventaja es la disminución en cuanto al tonelaje de residuos que puede transportar, ya que por la falta de compactación, el peso volumétrico alcanzado dentro de la carrocería por los residuos, difícilmente rebasa los 350 kg./m³. No es recomendable adaptar este tipo de vehículos para la carga y descarga de contenedores, por la falta de dicho mecanismo de compactación.

5.2.3 Equipos No Convencionales.

Vehículos de volteo y de redilas: Estos vehículos algunas veces se emplean para cumplir con el servicio de recolección de residuos, a falta de equipos más tecnificados o debido a que se adaptan más a las características de la localidad por servir y al tipo de actividades y servicios que en general se brinda a la comunidad. Su capacidad puede variar desde 6 hasta 12 m³ y recientemente los más usuales son de 7 y 8 m³. Se estima que un vehículo de 6m³ de capacidad, puede atender hasta 6000 habitantes por día en promedio, sobre todo en localidades eminentemente rurales. Su principal desventaja, es la elevada altura de carga, lo que obliga a contar con un machetero adicional, que viaje dentro de la caja para ayudar con la función de carga de residuos.

Vehículos tipo volteo de gran capacidad: Estos vehículos con mecanismos de descarga tipo volteo, cuentan en la mayoría de los casos con puertas laterales para facilitar la carga dentro de la carrocería del vehículo, así como con extensiones para aumentar su capacidad volumétrica y aprovechar la gran capacidad de carga. Las principales ventajas son: su bajo costo comparado con un camión más tecnificado y que la descarga por volteo en ocasiones es más rápido que cuando se tienen cajas fijas. Las desventajas obvias son las siguientes: la altura de carga es muy elevada, el acomodo de los residuos dentro de la caja es manual, se requiere de un empleado adicional en la cuadrilla de trabajo. Asimismo al adicionarle a la caja volumen y peso hacia arriba, se eleva el centro de gravedad por encima de las especificaciones de diseño.

Tractor agrícola y remolque: El tractor agrícola con carga frontal y remolque de 6 m³ aproximadamente. Este tractor en pequeñas localidades puede servir como recolector y al mismo tiempo como una máquina que en el relleno sanitario realice las principales tareas de acomodar los residuos y cubrirla, ya que no puede cumplir con la excavación. El remolque tiene un sistema de volteo hidráulico muchas de las veces.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO V:
Transporte de los Residuos Sólidos Urbanos.

5.2.4 Ventajas y Desventajas de los Vehículos de Recolección.

La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de los vehículos más comunes empleados en la recolección y transporte de los residuos sólidos. Es necesario considerar el equipo correcto para cada situación, ya que una buena elección del vehículo repercutirá en una mayor eficiencia, y como consecuencia en un menor costo.

Vehículo	Ventajas	Desventajas
Tirados por animales de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Permite el acceso a zonas con difícil topografía. • Velocidad de recolección adecuada. • Facilidad de control del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de alimentación de los animales de carga. • Ámbito de atención limitado (< 2 Km. en promedio).
Impulsados únicamente por el esfuerzo humano	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de recolección adecuada. • Acceso a calles angostas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para controlar el vehículo en pendientes. • Accidentes ocupacionales debido al esfuerzo. • Radio de acción limitado (< 2 Km. en promedio).
Vehículos tipo volteo	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo en relación con los vehículos tecnificados. • Descarga más rápida que cuando se tienen cajas fijas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altura de la carga muy elevada. • El acomodo de residuos en la caja es manual. • Más personal en la cuadrilla. • Elevar altura de la caja puede elevar el centro de gravedad por encima de las especificaciones.
Vehículos sin mecanismo de compactación de carga lateral o trasera	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de inversión en relación con los vehículos especializados. • Reducidos requerimientos económicos de mano de obra para su mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la basura que puede transportar (el peso volumétrico alcanzado dentro de la carrocería, difícilmente rebasa 350kg/m³) reduciendo su rendimiento. • No es recomendable adaptarlos para carga y descarga de contenedores.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO V:
Transporte de los Residuos Sólidos Urbanos.

<p>Vehículos compactadores de carga trasera</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La altura de carga es baja. • No se tiene acceso a la basura para “pepenarla” una vez que el mecanismo compactador de carga entra en funcionamiento. • Puede atender contenedores pequeños en su ruta de recolección 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión elevada en relación con vehículos sin compactadores. • Mantenimiento con costo más elevado.
<p>Vehículos compactadores de carga lateral</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismo sencillo de compactación. • Se puede adaptar un mecanismo para carga y descarga de contenedores. 	<ul style="list-style-type: none"> • La altura de carga obliga a que un empleado viaje dentro de la caja para recibir la basura. • La compactación no se hace con la regularidad debida. • Inversión elevada en relación con vehículos sin compactadores. • Costos de mantenimiento más elevados.
<p>Vehículos para la recolección de contenedores altamente especializados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de recolección elevada. • Maneja contenedores de dos a cinco veces más grandes. • Puede atender zonas de difícil acceso y/o zonas de gran generación de residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden atender exclusivamente la utilización de contenedores. • Costo de inversión muy alto. • Costos de mantenimiento muy elevados.

CÁPITULO VI:

Barridos.

6.1 GENERALIDADES.

El Barrido es la actividad de recolección manual o mecánica de residuos sólidos depositados en la vía pública.

El barrido es una de las partes más importantes de un sistema de limpia, tanto por su alto costo, muchas veces la mitad del presupuesto total, como por la imagen o impacto que el servicio tiene en el público; lo costoso del sistema estriba en la utilización de mano de obra en el barrido manual; razón por la que este tipo de operación se mecanice cada vez más en los países desarrollados.

El barrido es otra fase del sistema de recolección de residuos y surge por la necesidad de mantener limpia y en condiciones estéticas las vías de intensa circulación de las principales ciudades de los municipios, como las calles principales, parques y jardines, lo que por factores naturales o antropogénicos son invadidas por residuos vegetales, arenas, lodos, polvo, estiércol, colillas de cigarro, envolturas de artículos, hojarasca, residuos de comidas, botellas de plástico, pedacería de vidrio, cartón, animales muertos, etc.

El tipo de residuos en la vía pública es muy diverso ya que puede variar de acuerdo al clima, número de peatones y el uso del suelo. El polvo se origina tanto por eventos naturales, como la actividad humana; dependiendo del número de peatones que circulan en la vía pública, de las condiciones socioeconómicas y del grado de educación ambiental, estos residuos se van acumulando en las calles y lugares de esparcimiento.

La razón más importante por la que debe de efectuarse la limpieza en las calles es por la conservación de la salud humana. Las excretas, tanto de animales domésticos como humanas y los desperdicios orgánicos pueden llegar a afectar al ser humano, por que proporcionan las condiciones para el desarrollo de moscas, mosquitos y roedores, los cuales son transmisores de diversas enfermedades. El polvo afecta a los ojos, garganta, vías respiratorias y ocasiona también molestias de tipo alérgico. Otro tipo de residuos, como los vidrios y hojalatas pueden producir lesiones a los peatones. Así mismo, la acumulación de residuos puede obstruir el alcantarillado de agua pluvial, ocasionando inundaciones en algunos sectores de la ciudad.

Por último, las calles se deben de limpiar por razones estéticas y sanitarias, ya que a nadie le gusta vivir en una ciudad llena de residuos, porque presenta un aspecto visual desagradable.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

6.2 FRECUENCIA Y ÁREAS EN DONDE SE DEBE EFECTUAR EL BARRIDO.

Las vías de circulación peatonal y de vehículos, mercados, ferias y lugares de esparcimiento, parques, jardines, playas y ocasionalmente estadios, coliseos, rivera de los ríos y otros, son los lugares en donde debe efectuarse el barrido.

La limpieza en las vías de circulación vehicular y de peatones debe efectuar a todo lo largo de las cunetas y de un ancho de 0.6 metros aproximadamente.

El sector comercial de una ciudad debe de ser barrido en su totalidad y las veces que debe barrerse dependerán de la cantidad de residuos que sea necesario retirar. Algunas veces no es suficiente una limpieza diaria por el contrario, es necesario que se realice en varias ocasiones durante el día. En la siguiente tabla, se muestra el número de veces que es necesario llevar a cabo el barrido en cada sector de la población.

FRECUENCIA DE BARRIDO		
Sector de la Población:	Barrido Óptimo	Barrido Mínimo
Calles comerciales, zona central y mercados	5 veces/día	1 vez/día
Calles principales, zona central	2 veces/día	1 vez/día
Calles comerciales, suburbana	2 veces/día	1 vez/día
Calles secundarias y zona central	1 vez/día	1 vez/día
Calles principales, suburbana	1 vez/día	1 vez/día
Calles residenciales, zona de bajos ingresos.	3 veces/semana	2 veces/semana
Calles residenciales, zona de altos ingresos.	1 vez/semana	1 vez/semana

6.3 TIPOS DE BARRIDO.

Existen básicamente dos tipos de barrido: *el manual y el mecánico.*

6.3.1 Barrido Manual.

Este tipo de barrido es recomendable realizarlo en calles y avenidas cuyo tráfico no sea intenso; en calles angostas con topografía accidentada y en plazas o espacios públicos.

Es muy costoso y se debe utilizar únicamente en zonas en donde no sea adecuado aplicar otro método, para así quitar el llamado barrido manual.

6.3.1.1 Horario de Barrido Manual.

El barrido nocturno es el más recomendable ya que facilita la labor por el poco tránsito vehicular y además permite que la ciudad amanezca limpia. Sin embargo, en ciudades donde la temperatura es muy baja no se puede llevar a cabo esta práctica, por lo cual es preferible el barrido diurno comenzando la jornada muy temprano lo que permite continuar durante gran parte del día.

6.3.1.2 Equipo de Barrido Manual.

Las herramientas que se utilizan para el barrido manual son: escobillón (escoba con ramas o raíces de árboles de la región), escoba, carrito de mano con uno o dos receptáculos cilíndricos (diablos), recogedor y pala en algunas ocasiones. En lugares con fuertes lluvias es necesaria una pala para levantar el lodo o tierra húmeda, que han sido arrastrados hacia la cuneta, también es necesario proveer al barredor de un cucharón metálico para limpieza de los sumideros de las bocas de tormenta.

6.3.1.3 Procedimientos de Barrido Manual.

El barrido manual se puede hacer por cuadrilla de barrenderos o por rutas fijas asignadas a un barrendero.

- **Limpieza por cuadrillas:** Se lleva a cabo, en caso de limpieza de áreas en donde hubo un evento especial, por ejemplo: ferias, aniversarios, patios, limpiezas estacionales, limpieza periódica de zonas, etc. El tamaño de la cuadrilla dependerá del área limpia, así como la cantidad de residuos a recolectar. Los grupos de 6 a 10 son los más recomendables; para cada cuadrilla se debe asignar un camión recolector y un supervisor para controlar el trabajo.
- **Limpieza por ruta fija:** El barrido por ruta fija consiste en asignar un circuito a un barredor. Se pueden seguir dos métodos: el de asignación de calles o el de asignación de manzanas.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

6.3.1.4 Rendimiento en el Barrido Manual.

El rendimiento de un barrendero depende del clima, tipo de distrito, topografía, las condiciones del pavimento, la intensidad del tráfico peatonal y vehicular, la calidad y ligereza de sus implementos y de la habilidad que tenga para barrer.

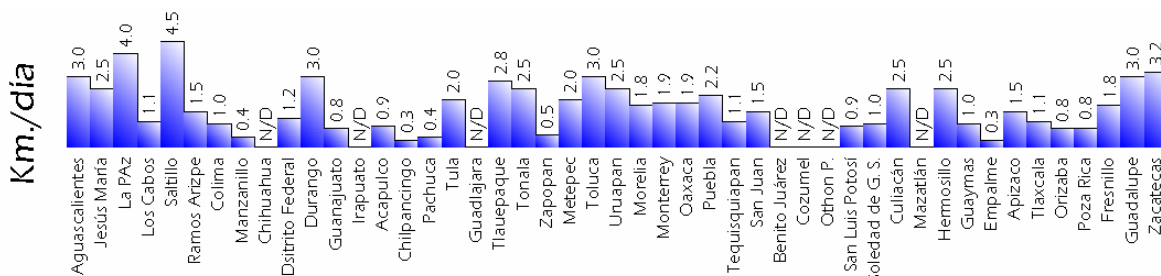
Los rendimientos estimados de barrido por persona o por jornada efectiva de trabajo son de 2 a 2.5 Km. en promedio; según experiencias en la República Mexicana y en algunas ciudades de América Latina.

Con la finalidad de minimizar accidentes y el recorrido no productivo de un barrendero, se deben de diseñar adecuadamente las rutas de barrido y seguir las siguientes recomendaciones.

- a) Estacionar el carrito en las aceras al comienzo del recorrido.
- b) Forrar por dentro el cilindro con un saco de 100 Lts.
- c) Barrer los residuos de la acera, moviéndola hacia la cuneta y en dirección del tráfico vehicular.
- d) Barrer los residuos de la cuneta en sentido contrario al tráfico vehicular formando montones de 20 a 25 metros y hacia el punto de estacionamiento del carrito, teniendo cuidado de no barrer por encima de las bocas de tormenta (drenaje pluvial).
- e) Mover el carrito por las aceras e ir recogiendo los montículos y estacionarse en la siguiente estación.
- f) Depositar el saco de plástico que ha sido llenado con los residuos de la recogida en un punto predeterminado.
- g) Recolectar los sacos de plástico en los puntos predeterminados con el uso de vehículos de apoyo, que pueden ser los mismos recolectores.

En todas las ciudades con más de 500 mil habitantes se utilizan, tanto el barrido manual como el mecánico y en algunas con más de 100 mil habitantes también se emplean los dos tipos. En todas las ciudades estudiadas en la República Mexicana, con menos de 100 mil habitantes se emplea exclusivamente el barrido manual.

La siguiente gráfica muestra los rendimientos por barrendero al día de algunas ciudades de la Republica Mexicana:



Rendimiento de Barrido Manual en las Principales Ciudades del País

** En Kilómetros/Barrendero/día (Km./B.Man./día)*

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

El rendimiento del personal depende de: apoyo del barrido mecánico (algunas veces), la orografía, el clima, el grado de dificultad del barrido y fundamentalmente de la cooperación de la comunidad.

En las comunidades analizadas, los rendimientos del personal de barrido manual presentan algunas diferencias con relación a los valores reportados en el diagnóstico de la Oficina Panamericana de la Salud; en promedio cada empleado de este servicio barre 18 Km. de cuneta al día. En la gráfica anterior, se aprecia que destacan por el alto rendimiento de sus barrenderos las localidades de Saltillo y La Paz con un promedio de 4.5 y 4 Km., por barrendero por día, aunque también destacan por su bajo rendimiento las localidades como Chilpancingo, Guerrero y Empalme, Sonora; con rendimientos de 300 metros por barrendero por día.

Uno de los vicios que encarece el sistema consiste en que los barrenderos de ruta van ofreciendo sus servicios como recolectores de basura domiciliaria o comercial a cambio de una pequeña remuneración, lo cual hace que baje mucho la eficiencia del sistema.

6.3.1.5 Diseño de Rutas de Barrido Manual.

Una *"ruta de barrido"*, se define como el recorrido de limpieza que debe realizar un barrendero en el circuito que se le ha asignado. Este recorrido puede ser realizado diariamente, tres veces por semana o una vez a la semana.

Los parámetros para el diseño de barrido (manual o mecánico) de calles y espacios públicos se obtienen a partir de un estudio de tiempos y movimientos. La ruta de diseño de barrido se define por *métodos heurísticos o determinísticos*. Cuando se realice por medio el método determinístico se usará el *algoritmo del "cartero chino"*.

6.3.1.6 Ventajas y Desventajas del Barrido Manual.

- **Ventajas:**
 - a) Poca fuente de empleo, este factor es importante en países subdesarrollados en donde existen pocas fuentes de trabajo.
 - b) Posibilidad de barrer en cualquier tipo de pavimento.
 - c) Posibilidad de barrer aceras e islas de seguridad sin dificultad y poder salvar obstáculos.
 - d) Pequeña inversión inicial, lo que se concreta únicamente a la adquisición de uniformes, herramientas y carritos de residuos.
 - e) Bajo costo de mantenimiento mecánico, pues las herramientas y carritos son los únicos equipos utilizados.
 - f) Mínimo entrenamiento específico de mano de obra para el inicio de los trabajos.
 - g) Fácil obtención de mano de obra operacional.

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.

h) Facilidad para recoger cualquier tipo de material, principalmente objetos que dañan las barredoras mecánicas (madera, objetos punzo cortantes).

• **Desventajas:**

- a) Dificultad para remoción regular de tierra, lodo y arena adheridos a las cunetas.
- b) Monto operacional mayor, pues aparte del barrido propiamente dicho, que es la parte significativa, hay que sumar la parte que corresponde a la recolección.
- c) Constante encarecimiento de la mano de obra por los beneficios sociales y luchas sindicales.
- d) Necesidad de abundante mano de obra operacional para la eficiente ejecución de los servicios.
- e) Frecuentes ocurrencias de accidentes de trabajo.

- f) Alto índice de faltas y licencias por motivo de enfermedad.
- g) Necesidad de tener personal de reemplazos para atender los casos de faltas de personal al trabajo.
- h) Costo operacional mayor, tal como sueldos y gastos para la compra de instrumentos de trabajo (escobas, sacos plásticos, carritos y herramientas).
- i) No se realiza un trabajo eficiente si es que no se tiene constante supervisión.
- j) La cantidad de residuos sólidos urbanos proveniente del barrido manual se incrementa con basura domiciliaria o residencial cuando el servicio de recolección es ineficiente o inadecuado, al sustituir parcialmente los barrenderos a la recolección domiciliaria.

6.3.2 Barrido Mecánico:

El uso de este sistema de barrido se observa en mayor proporción en ciudades medias con poblaciones de más de 50 mil habitantes. El hecho de que pocas ciudades dispongan de maquinaria para el barrido se debe principalmente a la falta de recursos económicos para adquirir el equipo y para darle el mantenimiento adecuado. A pesar de que el barrido mecánico implica menores gastos con el transcurso del tiempo que el barrido manual, asimismo este implica el desplazamiento de mano de obra.

Este tipo de barrido se recomienda efectuarlo en calles y avenidas amplias y con topografía plana.

Es el método alternativo del barrido manual que se lleva a cabo con equipo especializado y cuyo costo es más alto al principio, junto con los costos directos de operación, según sea el lugar y ubicación de la ciudad de que se trate; en estos se incluye la mano de obra, mantenimiento, combustible, lubricantes y material de consumo. Se pueden clasificar por el número de ruedas o por la forma de descargar la basura, dicho barrido mecánico.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

6.3.2.1 Horarios de Barrido Mecánico.

Este dependerá de las costumbres de la población y de las características de la infraestructura vial. El barrido nocturno se efectuara en zonas comerciales e industriales; donde durante el día hay muchos peatones y generalmente los vehículos están estacionados en los cordones de las aceras sobre las cunetas que es el lugar donde se debe de barrer. Así como en las grandes avenidas donde durante el día hay un tráfico intenso. El barrido diurno se efectuara en las zonas residenciales donde por lo general en las noches hay vehículos estacionados en las calles.

6.3.2.2 Equipo de Barrido Mecánico.

Los residuos acumulados en el suelo debajo de la máquina es recogida por un escobillón de eje horizontal que se extiende a todo lo ancho del vehículo, el cual levanta los residuos y lo vacía en una banda transportadora de paletas que finalmente lo deposita en la tolva de almacenamiento.

Los elementos principales de una barredora son: *Cabina de Control, Chasis, Motor Carrocería, Cepillos, Tolva de Almacenamiento de Residuos, Tanque de Agua, Sistema aspirador (en algunos casos).*

6.3.2.3 Clasificación de Barredoras.

Esta clasificación puede ser por el número de ruedas las cuales se dividen en dos grupos: las de 3 ruedas y las de 4 ruedas; las primeras son de baja velocidad y una gran maniobrabilidad y se usan en las calles donde existan algunos obstáculos como autos estacionados; la segunda tiene una velocidad de operación mayor, pero de poca maniobrabilidad, se recomienda su uso en vías rápidas con poco o ningún obstáculo.

- ⇒ **Máquina Barredora con Capacidad de 3 a 4 yardas cúbicas:** Estas máquinas están diseñadas para barrer cunetas, siendo de gran tamaño, para que pueda recorrer varios kilómetros sin necesidad de ir a descargar.
- ⇒ **Máquina Barredora Pequeña:** Estas barredoras pequeñas (de menos de una yarda cúbica), se utilizan generalmente para áreas concentradas como estacionamientos de vehículos, patios de almacenes y fábricas, etc.
- ⇒ **Máquina Barredora con doble Escobillón delantero:** Las barredoras de cunetas son de dos tipos: mecánicas y aspiradoras. Ambas tienen un sistema de propulsión similar a cualquier vehículo automotriz y un sistema de barrido que es accionado por un motor independiente, también en los dos tipos hay escobillones delanteros ubicados a uno o ambos lados de la máquina que gira con eje vertical. Estos escobillones remueven y recogen los desechos de las cunetas y los lanzan hacia el centro de la máquina para posteriormente ser recogidos.

⇒ **Máquina Barredora con Aspiradora:** En este tipo de máquinas los residuos que se acumulan debajo de ella, son succionados a través de una manguera de 20 a 25 centímetros de diámetro y depositados en la tolva de almacenamiento. En las máquinas aspiradoras se economiza en el frecuente reemplazo de escobillas traseras y las calles quedan más limpias de polvo, pero si hay muchos residuos de otro tipo, como: palos, piedras, trapos, etc., es probable que se obstruya la manguera de succión y el ventilador que produce el vacío consume más energía.

6.3.2.4 Procedimientos de Barridos Mecánicos.

Al llegar al punto de inicio de la ruta, el operador debe ajustar el ángulo del escobillón lateral según la pendiente lateral de la cuneta, colocar el deflector central en la posición correcta y bajarlo para que quede en contacto con el pavimento, bajar el escobillón lateral y accionar el sistema de riego. Realizado lo anterior se puede realizar el barrido. Es recomendable que trabajen siempre dos máquinas juntas, una por cada lado de la calle separado a 50 metros para no producir demasiada obstrucción de tránsito.

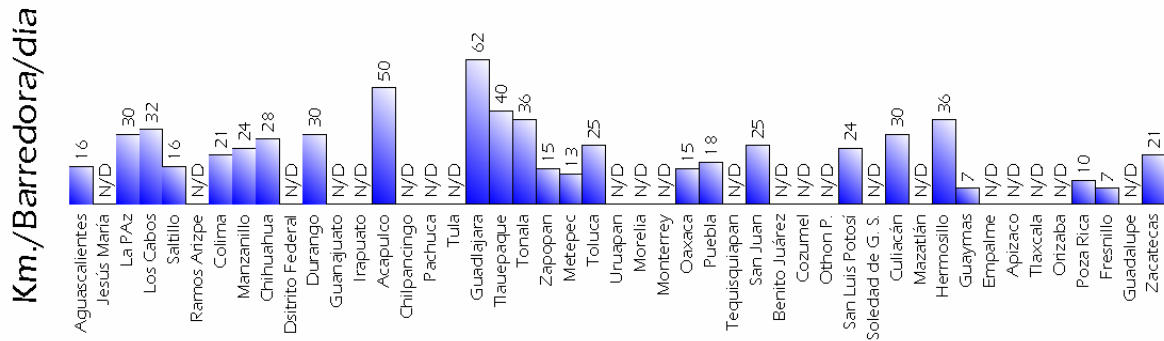
Si la cantidad de residuos a recolectar en una jornada es mayor que la capacidad de la tolva, se deberá coordinar adecuadamente con el recolector a fin de no ocasionar pérdidas de tiempo o la necesidad de amontonar los residuos en la vía pública.

6.3.2.5 Rendimientos de Barrido Mecánico.

El barrido mecánico se aplica generalmente en vialidades principales y secundarias bien pavimentadas con rendimientos promedio de 25 a 30 Km., por barredora por turno. Sin embargo, se reportan rendimientos menores, debido a las deficiencias en el mantenimiento de los equipos, cuyos principales problemas se registran en las bandas y los rodillos de las barredoras.

Asimismo, la velocidad real de operación de las barredoras de tres ruedas es de 10 a 12 Km./Hr. aproximadamente, sin embargo, debido a los tiempos muertos, estos rendimientos disminuyen en su práctica más o menos a 30 Km., por cuneta por jornal, aproximadamente. La velocidad de operación de las barredoras de 4 ruedas alcanzan de 50 a 60 Km., aproximadamente por turno o jornada.

La siguiente gráfica muestra los rendimientos de los equipos de barrido mecánico de ciudades que cuentan con este sistema:



Rendimiento de Barrido Mecánico en las Principales Ciudades del País

** En Kilómetros/Barredora/día (Km./B.Mec./día)*

6.3.2.6 Diseño de Rutas de Barrido Mecánico.

El diseño de una ruta de barrido mecánico se realiza siguiendo las mismas recomendaciones que se citaron para el diseño de rutas del barrido manual; pero además hay que tener presente que el barrido mecánico necesita de agua y las rutas tienen que estar condicionadas a los puntos de abastecimiento de este líquido. El consumo medio de agua es de 500 litros por cada 6 kilómetros, aproximadamente.

6.3.2.7 Ventajas y Desventajas del Barrido Mecánico.

El rendimiento de una barredora mecánica depende de la velocidad media que pueda desarrollar la máquina; de la eficiencia del conductor, del tráfico vehicular, de la cercanía de los puntos de abastecimiento de agua y a un diseño de las rutas de barrido. El principal problema que generalmente se enfrenta con el barrido mecánico es el bajo nivel de mantenimiento, que reduce notablemente la eficiencia operativa de los equipos.

CAPÍTULO VII:
Transferencia de los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Estación de Transferencia de Residuos.

De acuerdo a las leyes de nuestro país, las Estaciones de Transferencia de Residuos se definen como:

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XII, **Estaciones de Transferencia:** *“Las instalaciones para el trasbordo de los residuos sólidos de los vehículos de recolección a los vehículos de transferencia”.*

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 (NTRS-1), Terminología.

- Apartado 2.22, **Estación de Transferencia:** *“Obras de Ingeniería, para transbordar los residuos sólidos de los vehículos de recolección, a los transportes, para conducirlos a los sitios de tratamiento o disposición final”.*

7.1 GENERALIDADES.

Se debe de tener la posibilidad de instalar centros de transferencia en sitios estratégicos, con el fin de que los camiones recolectores de los residuos puedan ampliar su cobertura al reducir viajes al sitio de disposición final o de tratamiento. Actualmente solo 10 ciudades medias del país cuentan con centros de transferencia, los cuales operan como tales o a través de remolques o trailer.

Se aplica el termino de *Estación de Transferencia* a las instalaciones donde se hace el traslado de residuos de un vehiculo recolector a otro vehiculo con mucho mayor capacidad de carga. Este segundo vehiculo o transporte suplementario (*transfers*) es el que transporta los residuos hasta su destino final.

Estas estaciones sirven para ayudar al proceso de recolección, ya que funcionan como intermediarias entre la recolección y la disposición final o tratamiento; debido a que evitan tiempos y movimientos muertos, además de optimizar la recolección y transporte de los residuos sólidos. Estas pueden ser directas o indirectas.

El objetivo básico de las estaciones de transferencia es incrementar la eficiencia global del servicio de recolección a través de la economía en el sistema de transporte y en la disminución del tiempo ocioso de la mano de obra empleada en la recolección. Es decir los operarios y ayudantes, se hayan improductivos durante los recorridos a la disposición final; el camión viaja y no esta recolectando residuos y por lo tanto para recolectar el mismo numero de toneladas de residuos sólidos en el mismo tiempo, se crea la necesidad de contar con un mayor numero de unidades recolectoras.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

7.2 SISTEMAS DE TRANSFERENCIA.

Fundamentalmente existen dos tipos de estaciones de transferencia en cuanto a la operación de descarga:

- *Carga Directa.*
- *Carga Indirecta.*

La de carga directa emplea la gravedad para el traslado de los residuos de los camiones recolectores a los vehículos de transferencia y la de carga indirecta utiliza grandes locales de almacenamiento (grandes tolvas). Además de equipos mecánicos (bandas transportadoras) para mover los residuos y alimentar al os vehículos de transferencia.

7.2.1 Transferencia Directa (Estación de Carga Directa).

En estas instalaciones el contenido de los camiones recolectores se descarga directamente en un vehículo de transferencia. Estas estaciones tienen una seria desventaja que es la imposibilidad de almacenar los residuos lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos de camiones recolectores. Por lo tanto si el camión recolector llega a la estación y no hay vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos, el camión debe de esperar hasta la llegada de un vehículo vacío.

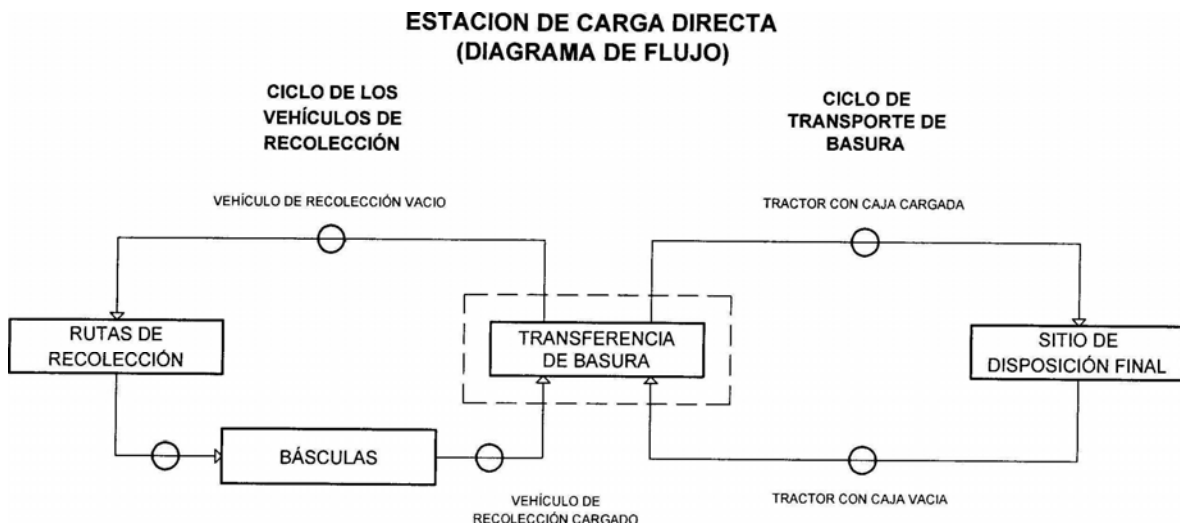


Diagrama de Flujo del Sistema de Carga Directa.

CÁPITULO VII:
Transferencia de los Residuos Sólidos Urbanos.

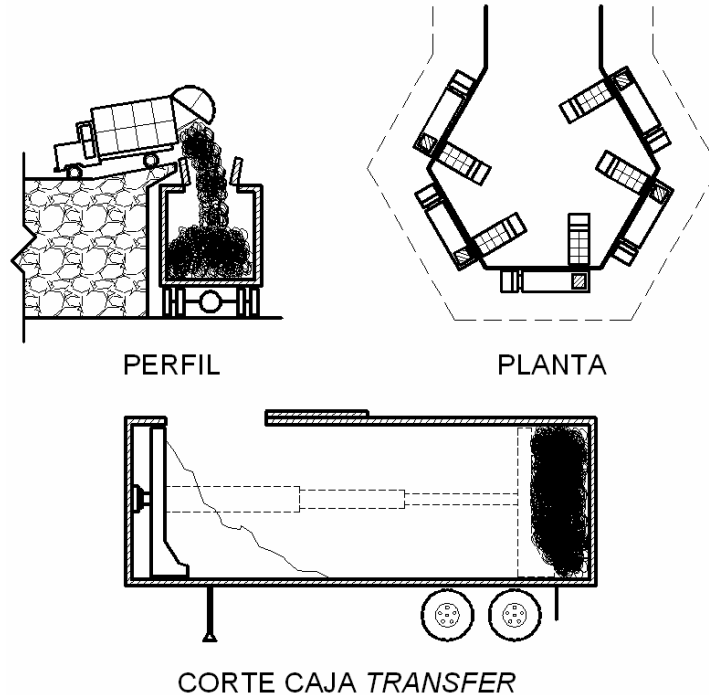
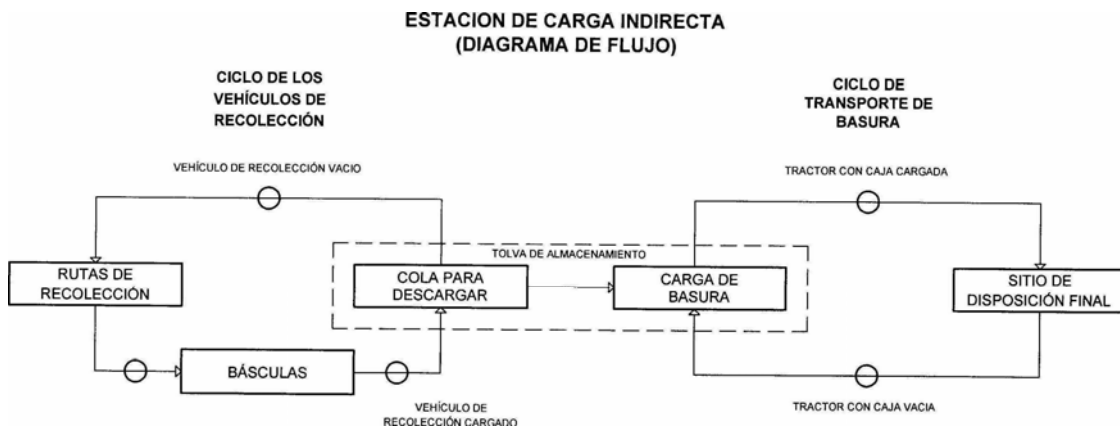


Diagrama de Estación de Transferencia de Carga Directa.

7.2.2 Transferencia Indirecta (Estaciones de Carga Indirecta).

Las estaciones donde los residuos se descargan indirectamente en los vehículos de transferencia, tienen locales o sitios para almacenamientos de los residuos, que pueden ser fosas, tolvas, o patios. Las fosas o tolvas pueden tener el sistema de fondo móvil con correas transportadoras que llevan los residuos a una altura que permita cargar a los vehículos de transferencia. Otro sistema es el que usa grúas-puente para remover los residuos del pozo y cargar a los vehículos de transferencia. La ventaja de estas instalaciones es que los recolectores nunca tienen que esperar para descargar sus contenidos; la desventaja de este tipo de estaciones son las posibilidades de fallas electromecánicas y de equipos que pueden afectar todo el sistema y la salud ambiental por el almacenamiento de los residuos en dichas zonas.



"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
 Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO VII: Transferencia de los Residuos Sólidos Urbanos.

Diagrama de Flujo del Sistema de Carga Indirecta.

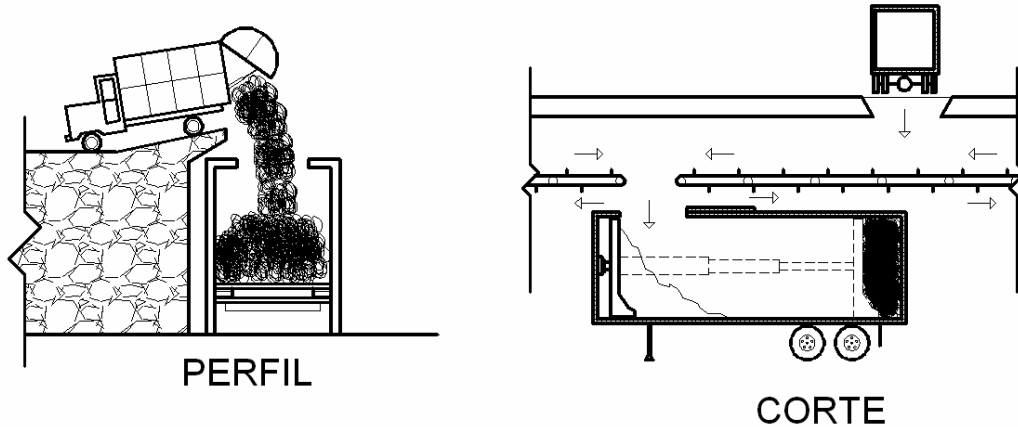


Diagrama de Estación de Transferencia de Carga Indirecta.

7.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES:

Estas instalaciones pueden resumirse a una simple plataforma elevada dotada de una rampa de acceso o aun edificio sofisticado y de grandes dimensiones. Asimismo, el traslado de los residuos se puede hacer por gravedad o utilizando equipos mecanizados.

El tipo mas simple de las estaciones, consiste en una plataforma elevada a cielo abierto en donde los camiones recolectores descargan su contenido en la carrocería del vehículo de transporte suplementario que esta colocado a un nivel mas bajo.

La plataforma elevada y la rampa de acceso se pueden construir de concreto armado, estructura metálica o terraplén. Si es posible, se puede utilizar un cerro o terraplén natural del terreno para evitar gastar en obras.

Generalmente las instalaciones de transferencia son cerradas para evitar la dispersión de los residuos por el viento y la diseminación de olores y polvo.

7.4 PLANEACIÓN Y PROYECTO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA:

En esta parte se presenta la información fundamental para el planeamiento y proyecto de estaciones de transferencia.

Levantamiento de Información.

Debe considerarse que la información de mayor utilidad es la siguiente:

- **Producción y características de los residuos:** Se requiere conocer la cantidad producida y recolectada en diferentes zonas de la ciudad y proyecciones

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO VII: ***Transferencia de los Residuos Sólidos Urbanos.***

para el periodo de vida de las estaciones de transferencia; las características más importantes de los residuos sólidos son: densidad, humedad, tipos de residuos esperados y, si es posible conocer la composición de los residuos.

- **Servicio de Recolección:** Es importante conocer la flota de camiones que serán utilizados para la recolección, el número, capacidades y características, especialmente el sistema y tiempo de descanso de los residuos ya que esto está directamente relacionado con el diseño y funcionamiento de la estación de transferencia. Además de los vehículos se debe conocer las frecuencias de recolección y los horarios de inicio y término del trabajo.
- **Sistema de disposición de los residuos:** Se debe conocer la ubicación actual y futura de los sitios de disposición final y los métodos utilizados para ello. Se debe investigar la existencia de mercados de materiales obtenidos de los residuos, con la finalidad de proyectar un sistema de selección de materiales.
- **Sistema vial y zonificación:** El conocimiento del sistema vial de la ciudad es fundamental ya que el conocer los caminos que serán recorridos por los vehículos de transferencia está directamente relacionado con la estación de transferencia. Se debe tener bien identificada en plano la trayectoria desde el o los terrenos considerados para la construcción de las estaciones de transferencia, hasta los sitios de disposición final, indicando el tipo de pavimento de las vías y estado de conservación, ancho de las mismas, existencia de puentes, pasos a desnivel, curvas fuertes y desniveles, además de las distancias y tiempos de recorrido.
- **Elementos económico-financieros:** Este tipo de levantamientos económico-financieros son necesarios en la fase de planeación, son todos los exigidos para el análisis de costo beneficio referente a la implantación del sistema de transferencia, incluyendo datos sobre la viabilidad económica del proyecto. De esta forma se determinará la cantidad de recursos financieros disponibles para las inversiones, ya sea por recursos propios o de préstamos.
- **Normas, leyes y reglamentos:** Tomar en cuenta la normatividad que influye en el planeamiento y en el proyecto de estaciones de transferencia con relación al tráfico de vehículos, contaminación ambiental, y la construcción de modo general y Reglamentos internos por parte de las autoridades con relación a la recolección de residuos sólidos. Toda la legislación pertinente debe ser recopilada y estudiada para no incurrir en infracciones.
- **Ubicación de los centros de gravedad de las zonas de recolección:** Es una de las más importantes tareas para la optimización de la estación de transferencia. Esta determinación, hecha por los métodos clásicos, es registrada en la planta de la ciudad, siendo la principal referencia para la selección del sitio de la futura estación de transferencia.

Una vez que se cuente con la información anterior, a continuación se procede a ubicar el sitio donde En cuanto a la selección del sitio donde se instalará la instalación. Para ello se procede a realizar las siguientes actividades:

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO VII: ***Transferencia de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Determinación del Centro de Gravedad.

Puesto que la premisa fundamental para el establecimiento de una estación de transferencia es que una instalación de este tipo, siempre debe quedar lo más cerca posible al centro de gravedad geográfico de la región por atender, con el fin de disminuir la suma de los recorridos de las rutas de recolección hacia dicha instalación. Inicialmente se procederá a definir una región factible donde pueda instalarse la Estación de Transferencia de Residuos Sólidos (ETRS), considerando las alteraciones que el centro de gravedad geográfico pueda sufrir, por restricciones obligadas del sistema.

La ubicación de los sitios de encierro de los equipos de recolección; las desviaciones o desplazamientos que pudiera sufrir al agregar a las variables geográficas, otro tipo de variables, como son: la densidad de población, la generación de los residuos sólidos, las pendientes promedio del terreno, la traza urbana de la localidad, la cercanía con áreas forestales, o cualquier otra que pueda ser de consideración según sean las características de la localidad que se trate.

Se determinará el Centro de Gravedad Geográfico (CGG), que implica la definición de las zonas o sectores de recolección de la mancha urbana (por lo general irregular), el cálculo designará polígonos regulares, su superficie, su centro de gravedad y sus coordenadas en un sistema cartesiano; para después determinar los momentos de transporte de cada una de las zonas o sectores; es decir, la distancia de los centros de gravedad de ellas a cada uno de los ejes cartesianos, por la superficie que ocupa la mancha urbana en todas y cada una de sus polígonos regulares que representen a zonas o sectores.

Nota: El termino centro de gravedad geográfico, es por analogía con el centro de gravedad (CG) de un polígono irregular, seccionándolo en triángulos y rectángulos regulares en los que su CG sea conocido o fácil de determinar; por otro lado se puede determinar el centro geográfico con los parámetros toneladas recolectadas por las respectivas distancias a los ejes X, Y, desde el punto donde termina la micro ruta de recolección, dividida entre las toneladas totales.

Toma de Decisiones.

La toma de decisiones es un proceso por el cual se hace, básicamente, la selección del sitio en donde se va a construir la estación de transferencia, se define el tipo de estación y su capacidad de recepción de residuos y sus costos asociados. Para la toma de decisiones son necesarios todos los datos mencionados anteriormente, además de un estudio para la selección del sitio, teniendo en cuenta los costos de transporte de los centros de gravedad de recolección de residuos a los terrenos considerados para la construcción de la estación de transferencia; y de allí hasta los sitios de disposición final, con y sin la estación de transferencia.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO VIII:
Reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Reciclaje.

Acorde a las Leyes y Normas Oficiales, el Reciclaje de Residuos es:

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

- Artículo 5, sección XXVI, **Reciclado:** *“La Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos”.*

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XXVIII, **Reciclaje:** *“La transformación de los materiales o subproductos contenidos en los residuos sólidos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico”.*

8.1 GENERALIDADES.

En el país son pocas las ciudades que realizan algún tipo de tratamiento a los residuos sólidos urbanos, entre ellas se tienen Guadalajara, Mérida y el Distrito Federal, donde se lleva a cabo el compostaje. En el D. F. operan ocho plantas con diferentes características y capacidades, una a cargo del Gobierno Central que puede procesar 200 Ton./día de residuos orgánicos, procedentes del área de flores y hortalizas de la central de abasto y siete pequeñas en las delegaciones. Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Cuajimalpa, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Tláhuac y Xochimilco.

En pocas ciudades, como Monterrey y el Distrito Federal, se recuperan subproductos con procedimientos sistematizados; en su mayoría la recuperación es de carácter informal, pues se efectúa mediante la llamada *“pepena”* en vehículos recolectores y carritos de barrido manual en calles, camellones y otros espacios abiertos, que generalmente se realiza una recuperación *“especializada”* (papel, cartón, vidrio, lata, aluminio, entre otros subproductos); y la que se realiza en los sitios de disposición final por parte de los *pepenadores*.

En estudios de la *Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)*, con base a una muestra de ocho ciudades, ha estimado que la recuperación es del orden de 2.5% en residuos que ya llegaron al tiradero; así mismo se estima que junto con la *pepena* los índices de recuperación varía del 8% al 12%. Por otro lado, las empresas privadas, cuando así conviene a sus intereses, separa y comercializa diversos subproductos.

El *Instituto Nacional de los Recicladores A. C. (INARE)*, reportó para 2001 una cifra de comercialización de poco más de 9 millones de toneladas que *“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”*.
Juan Fernando Regato Robles.

***CÁPITULO VIII:
Reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos.***

comparando con los aproximados 30 millones de residuos sólidos urbanos generados, da una proporción de 23%, que es poco representativa ya que esos residuos en su mayoría no entraron a la cadena de la basura.

Por ejemplo, la gama de alternativas que se presentan en el aprovechamiento de neumáticos usados. Los neumáticos representan un problema para los sitios de disposición final, debido a la propiedad de flotar y emerger después de su vertido. Su uso más conocido es como combustible en las fábricas de tabique y de cemento. Otro aprovechamiento es el reciclado para la construcción de carpeta asfáltica de carreteras; sin embargo, estas alternativas tienen generalmente altos costos originados por el transporte de las llantas al sitio de aprovechamiento.

8.2 PORCENTAJE DE RECICLAJE EN MÉXICO.

Los subproductos con mayor potencial de reciclaje en México son: papel, cartón, metales ferrosos, aluminio, textiles, hueso, vidrio, plástico y envases *tetrapack*, entre otros. Se estima que se recicla el 10% de la generación total de los residuos sólidos urbanos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS (%)		
Subproducto (a)	Potencialmente reciclable (b)	Reciclable (c)
Papel y cartón.	14	42
Vidrios.	6	32
Plástico.	4	2
Metales. (d)	3	23
Textiles.	1	1
Total:	28	100

- (a) No se reporta el producto de poda y jardinería, ni residuos alimenticios.
- (b) Fracción de subproductos contenidos en los residuos sólidos.
- (c) Proporción del volumen que se recicla actualmente.
- (d) Comprende metales ferrosos, no ferrosos y aluminio

8.3 MATERIALES SUSCEPTIBLES DE RECUPERACIÓN.

- **Latas de Aluminio:** La tasa mas cercana de comparación al reciclaje de aluminio es la de los contenedores corrugados (se recicla cerca del 45%). La actividad industrial y los programas de reciclaje, son la razón por la que los consumidores de periódicos, vidrio y plástico, compitan en contraste con la materia prima usada para su manufactura, debido a que ese material virgen es abundante y relativamente barato. Otra razón, es que la industria de aluminio reconoce que las ventajas de un aluminio doméstico, suplen y establecen la infraestructura necesaria para la transportación y el procesamiento. Una infraestructura comparable, demuestra que todavía no existen procesos de reciclaje para otros materiales.
- **Papel y Cartón:** En función del peso, el papel constituye el mayor componente de los residuos sólidos urbanos, incluyendo contenedores corrugados y cajas de cartón; típicamente el papel representa del 25 al 40% del total de los residuos. Este porcentaje, es mayor sobre la expectativa media que ésta representa en el incremento del papel reciclado, relativamente fácil de diversificar en los rellenos sanitarios, en fibras disponibles para reuso, reducción de impactos forestales y reducción de consumo de energía. Desafortunadamente, sólo una porción del papel desechado puede ser reusado debido a las siguientes consideraciones económicas:
 - ⇒ La fibra virgen es abundante y relativamente barata, muchos centros urbanos en el interior de la República están localizados a gran distancia de las fábricas de papel, y la capacidad de la fábrica para desentintar y reusar el papel después de consumirse, es limitada.
 - ⇒ Las fábricas de papel siempre tienen productos reciclados deteriorados, los cuales se convierten en trozos de materia prima debido a que el material es de composición conocida, usualmente, son materiales sin impresión, los cuales pueden ser usados como un sustituto directo de pulpa. La fábrica de papel compra adicionalmente, papel de desecho de post-consumo basado en fibras resistentes, fibras flexibles y brillantes, de acuerdo al tipo de producto elaborado. En la actualidad, el principal tipo de papel reciclado es el periódico, cartón corrugado, papel de alto grado y papel mezclado. Cada uno de estos tipos de papel se describe a continuación:
- **Plásticos:** Los plásticos son identificados de acuerdo al tipo de resina que tenga el producto. Se estima el porcentaje de plásticos, en la corriente de residuos sólidos por peso, con variedad de 7 y 8%, pero puede ser mucho más significativo del 20% por volumen. En años recientes, la industria del plástico ha sido identificada como una de las fuertes infractoras, por elaboración de productos desechables. Se ha establecido entre estos esfuerzos un sistema de códigos, para identificar las resinas usadas en muchos contenedores plásticos. Esto ayuda de gran forma en la separación para su reciclaje; en la tabla se muestra el porcentaje de composición de acuerdo a la resina, en el material plástico.

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS

Nombre:	No.	Siglas:	Origen:
Polietileno tereftalato	1	PET	Botellas de refrescos, recipientes de alimentos.
Polietileno de alta densidad	2	PEAD	Botellas de leche o de detergente, bolsas.
Poli cloruro de vinilo	3	PVC	Recipientes de alimentos y tuberías.
Polietileno de baja densidad	4	PEBD	Bolsas y envoltorios.
Polipropileno	5	PP	Cajas, maletas, tapas y etiquetas.
Poliestireno	6	PE	Vasos y platos de espuma.
Otros	7	-	Todas las otras resinas y los materiales multilaminados.

- **Vidrio:** Las botellas de vidrio, representan algunas veces menos del 10 % de los residuos sólidos. Existen tres tipos de vidrio: Transparente, verde y ámbar; con el transparente, generalmente se obtienen amplias ganancias y con el ámbar, ganancias menos. Además, el precio en el mercado de la separación de vidrio es usualmente bajo, la alta densidad del vidrio triturado o molido hace de éste un material para el cual, evitar costos es substancial.
- **Trozos de Metal:** Estos residuos sólidos comprenden un 5% o un poco más de los reciclables y pueden ser de varios tipos de metal. Excluyendo a los automóviles, los trozos de metal son una categoría en la cual muchas de las variaciones, se encuentran en el reciclado. Una parte de estos son los trozos de cobre y otra son los aparatos electrodomésticos, que en los últimos años se han propuesto se sean reciclados. Además, la compra de diversos trozos de metal puede tener diferentes categorías, las cuales se enlistan a continuación:
- **Residuos de Jardín:** La maleza, ramas, hojas y recorte de pasto se encuentran incluidos en los residuos sólidos en menos del 15%. El término jardín en los residuos de jardín mismos implica que proceden solamente de las residencias, sin embargo, muchos negocios o instituciones, además de algunos parques generan grandes cantidades de estos residuos. Mucha gente ubica en las áreas rurales o suburbanas toman el camino más sencillo y hacen con sus residuos (de jardín alimenticios) una pila composta casera. Sin embargo, la mayor parte de esta basura se va a los rellenos sanitarios o a los incineradores. Junto con el aluminio los residuos de jardín, son los materiales que se incorporan más fácilmente a los programas de reciclaje.
- **Residuos Alimenticios:** Estos residuos se encuentran en los residuos sólidos en un 15%, son materia orgánica altamente degradable. Sin embargo se presentan algunos problemas en la incineración debido a la cantidad de humedad y en el relleno sanitarios debido a los olores nocivos y a la atracción de fauna indeseable. Estos residuos presentan varios problemas en su separación. Mucha gente usa por conveniencia y por ventaja estética la dilución de los residuos mezclándolos con papel y otros residuos caseros.

CÁPITULO VIII:
Reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos.

- **Artículos Reusables:** Se estima que el 10% o más de los residuos sólidos sean de residuos que deben ser reusados. Ejemplos obvios son la ropa, libros, juguetes y muebles. Como se mencionó anteriormente, muchos centros de reciclaje tienen algún tipo de almacenes o tiendas de segunda mano en las que se distribuyen estos artículos. Otra posibilidad debe ser la de tener un local de agencia de servicio social que provea los puntos de recolección así como las instalaciones de reciclaje. Si se puede organizar de alguna forma, la comunidad obtiene ganancias dobles, por un lado se evita el costo de un relleno sanitario y por el otro algunos de los artículos reusables dejan alguna ganancia individual.
- **Llantas:** Las llantas pueden representar cerca del 2% del total de los residuos sólidos, generalmente no están en los rellenos sanitarios, y no se queman adecuadamente en un incinerador convencional. Se han hecho investigaciones a cerca del uso de las llantas en el ahorro del petróleo, tal como carpeta de asfalto, y en la manufactura de productos de goma.

8.4 COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS PROVENIENTES DEL RECICLAJE.

El primer paso para elaborar el análisis de la oferta es conocer las características de los subproductos que pueden ser comercializados así como la calidad y cantidad en que estos se generan en los diversos estratos y sectores de la localidad.

Para obtener dicha información se deben realizar estudios basados en la observación directa de las diferentes fuentes generadoras. La metodología para la realización de éstos estudios se expresan en normas mexicanas citadas en el inciso anterior

La posibilidad de vender los residuos aprovechables, para así sustituir materias primas, depende de factores tales como:

- Precios de mercado.
- Costos de Almacenaje.
- Cantidad de subproductos demandados con base en las tecnologías existentes en el mercado.
- Grado de contaminación de los materiales.
- Grado de procesamiento de los subproductos.
- Precio de la materia prima base.
- Otros costos relacionados.

Por lo tanto, en el análisis del mercado se debe tener en cuenta todos estos factores además de la adaptabilidad de los compradores y procesadores de este material. A continuación se describen los principales subproductos que actualmente cuentan con un mayor potencial de mercado.

- **Papel y cartón:** Sólo una parte del papel y del cartón desechado es reutilizable debido a consideraciones económicas y logísticas:
 - ⇒ La fibra virgen es abundante y relativamente barata.
 - ⇒ Muchos centros urbanos están localizados a grandes distancias de las fábricas de papel.
 - ⇒ La capacidad de las fábricas para destinar y reutilizar el papel y el cartón usados es limitada.

Las empresas recicladoras compran el papel residual usado basándose en la fuerza y el rendimiento de la fibra, y en el brillo, según el tipo de producto fabricado. Los principales tipos de papel para reciclaje son:

- a) Periódico.
- b) Cartón corrugado.
- c) Papel de oficina.
- d) Papel mezclado.

Normalmente el papel mezclado se recicla como cartón; sin embargo, el problema es la presencia de contaminantes que perjudican el proceso de producción o pueden dañar la maquinaria, como: papel quemado por el sol, envases de alimentos, papel higiénico o toallas de papel, documentos

CÁPITULO VIII: **Reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos.**

encuadrados, compuestos que contienen plástico o papel metálico, clips, papel de fax y papel carbón.

- **Plástico:** El proceso de reciclaje de plástico depende de su composición, por esta razón se identifica mediante un código estandarizado. La clasificación (del 1 al 7) representa las resinas comúnmente usadas y facilita la separación y el reciclaje. Sin embargo, debido a la gran diversidad se complican la recolección selectiva y la separación de plástico. El reciclaje correcto exige separación absoluta, así como lavado y uso de aditivos para obtener granza (plástico fundido y homogeneizado para corte ulterior de alta calidad, también le denominada peletización). Una desventaja del plástico mezclado es que no sólo produce granza de mala calidad; en la maquinaria puede incluso ocasionar averías importantes.
- **Vidrio:** La mayor parte del vidrio contenido en los residuos es de botellas (90%) u otros recipientes. Después de triturado y separado por colores (blanco, verde y ámbar), casi todo el vidrio se utiliza para producir nuevos recipientes y envases. Los fabricantes de botellas están dispuestos a pagar precios un poco más altos por el vidrio triturado que por las materias primas, debido a ahorros en energía y a mayor durabilidad del horno de fundición. La desventaja de usar vidrio usado reside en que casi siempre contiene contaminantes que pueden alterar el color o la calidad del producto final. Aunque la cantidad demandada del vidrio triturado es considerable, a menudo la rentabilidad varía por los costos de recolección, procesamiento y transporte hacia las fábricas.
- **Metales:** Los metales se pueden clasificar en dos categorías:
 - 1) *Metales férricos (hierro y acero).* Los bienes que más contienen metales son: electrodomésticos, gran cantidad de aparatos y equipos industriales, automóviles, tuberías, material de construcción, chatarra industrial, muebles y puertas. Las latas de acero y la hojalata se separan magnéticamente (por el recubrimiento de estaño) y se transportan a una estación de desestañamiento. El estaño que se recupera es de 2.5 a 3 kilos por tonelada de latas. El acero limpio se usa para producir acero nuevo. El mayor impedimento para el reciclaje de latas de acero es el alto costo de su transportación.
 - 2) *Metales no férricos.* Casi todos estos metales se pueden reciclar si están seleccionados y libres de material extraño: plástico, tela, goma, etc. Además del aluminio, los metales no férricos son: cobre, latón, bronce, plomo, níquel, estaño y cinc.

El reciclaje de los recipientes de aluminio ha sido exitoso, inclusive más que el de papel, plástico y vidrio, porque las materias primas de éstos son abundantes y baratas. Sin embargo, la bauxita (materia prima del aluminio) se debe importar; por ello en algunos países los fabricantes se han organizado para recuperar el aluminio. Una ventaja del reciclaje de aluminio es que las impurezas son fácilmente separables. En la planta de recuperación las latas aplastadas se trituran para reducir el volumen. Luego se calientan en un proceso de deslacamiento para separar los revestimientos y la humedad; después se introducen a un horno de refundición. El metal fundido se forma en lingotes, que se transfieren a otras fábricas, donde se producen láminas o partes para maquinaria y equipo.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO VIII:
Reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos.

- **Otros:** Además de los materiales señalados, existen otros subproductos que pueden recuperarse; sin embargo, las cantidades, sobre todo los ingresos obtenidos por la venta de los mismos son relativamente bajos. Entre estos materiales se pueden señalar: madera, llantas, trapo, hueso, plástico en película, etc. De los diversos subproductos recuperables de la basura, después de haber sido industrializados por las empresas recicladoras, se pueden obtener productos finales, como se muestra en la tabla siguiente.

PRODUCTOS OBTENIDOS DEL RECICLAJE DE RESIDUOS	
Residuos:	Productos finales:
Bagazo de caña de azúcar	Papel
Papel y cartón	Cartón
Poliétileno de alta densidad	Tarimas de plástico
Hule de llanta	Loderas para camión
Hule, cuerda <i>nylon</i> , alambre de acero	Llantas
Poliétileno, PVC	Poliducto para agua e instalaciones eléctricas
Madera de pino	Aglomerados
Pedacería de vidrio	Toda clase de productos de vidrio
Fibra de vidrio de tercera	Fibra de vidrio para aislamientos termostáticos
Chatarra de acero	Perfiles para fabricación, maquinaria y estructuras
Chatarra de aluminio, hierro y bronceo	Piezas de maquinaria en general
Chatarra de cobre	Conectores eléctricos, tuercas y válvulas
Chatarra de aluminio	Lingote de aluminio para la industria envasadora
Desperdicios de zinc, aluminio y plomo	Óxido de zinc
Desperdicios de conductores eléctricos	Barras de cobre
Pedacería de ladrillo refractario	Material refractario
Frutas, legumbres, pan, tortillas y carne en descomposición	Alimento para animales; mejoradores de suelos
Huesos y cartilagos	Alimentos, gelatinas, cosméticos, pegamentos, farmacéuticos, abonos y fertilizantes
Llantas	Suelas para zapatos, juegos infantiles
Plástico en película	Hidroxietil celulosa
Otros plásticos	Juguetes, suelas para zapatos <i>tenis</i> , etc.
Colchones viejos	Colchones y bases para colchón
Envases de vidrio	Envases para mermeladas, café, etc.
Botellas	Se vuelven a utilizar
Trapo	Estopa

CÁPITULO IX:
Tratamientos Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Tratamiento.

El Tratamiento de Residuos es conceptualizado en nuestro país de la siguiente manera:

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

- Artículo 5, sección XLI, **Tratamiento:** *“Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad”.*

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XXXVII, **Tratamiento:** *“El procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen o peligrosidad”.*

9.1 GENERALIDADES.

Se entiende por *Tratamiento* a cualquier procedimiento al que se someten los residuos, mediante el cual se modifican sus características físicas, químicas y/o biológicas para aprovecharlos, estabilizarlos, reducir su volumen o facilitar su manejo y disposición final.

La selección de técnicas específicas de tratamiento para un sistema de limpia pública de cualquier ciudad, depende de las necesidades y condiciones que éste tenga para poder llevarlo a cabo. Los objetivos básicos del tratamiento son los siguientes:

- **Mejorar la eficiencia del sistema de limpia pública en su conjunto:** Para mejorar la eficiencia de los sistemas de limpia pública, se dispone de varias técnicas de procesamiento. Por ejemplo, para reducir las necesidades de almacenamiento en fuentes de gran generación, se utiliza la incineración y/o el embalaje. Antes de reusar el papel de residuo, generalmente se empaqueta para reducir las necesidades de espacio para su almacenamiento y transporte. En algunos casos, se empaquetan los residuos sólidos para reducir los costos de transporte a los sitios de disposición final, se compactan para eficientar el uso del terreno disponible. La selección de las diferentes técnicas de procesamiento para este propósito depende de los componentes que conforman el sistema.
- **Recuperar materiales aprovechables:** Como un aspecto práctico, los componentes más susceptibles de recuperación son aquellos para los cuales existen mercados y están presentes en los residuos en cantidades que justifican su separación. Los materiales más comunes que pueden recuperarse son: el papel, cartón, plástico, vidrio, metales ferrosos,

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO IX:
Tratamientos Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

aluminio y otros metales residuales no ferrosos. Debido a que todos estos materiales pueden ser de suficiente valor económico para justificar su separación, se ha desarrollado una variedad de técnicas para la separación de cada componente, las cuales se mencionan más adelante.

- **Conversión de productos y energía:** Los residuos orgánico-combustibles pueden convertirse en productos intermedios y finalmente en energía para diferentes sistemas de tratamiento, tales como la incineración, la pirólisis, el composteo, la digestión anaerobia entre otros, para ello es necesario que estos residuos, sean separados y acondicionados antes de ser utilizados.
- **Control de la contaminación ambiental:** La recuperación de materiales y la producción de energía, redundan en primer lugar en una disminución de los residuos sólidos que se generan en las ciudades, disminuyendo los efectos negativos que éstos ejercen sobre el ambiente y la salud de la población. Por otra parte el aprovechamiento de los residuos sólidos, coadyuva a la conservación de los recursos naturales y evita el impacto ambiental que se ocasiona por la explotación de los mismos.

Como se ha comentado, los métodos de tratamiento de los residuos sólidos urbanos implican un previo tratamiento o separación de los residuos, ya sea para uso total o en parte de los desperdicios recolectados.

9.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

El tratamiento de los residuos sólidos en los países desarrollados, se presenta como una alternativa frente a la disposición final debido: al incremento de los costos de disposición final; por la carencia de sitios adecuados (adquisición y transporte); la oposición de ciertos sectores de la población hacia la forma tradicional de la disposición final; la desconfianza en la seguridad de los sistemas de disposición final, ante la eventualidad de una inundación, terremoto, etc.; la degradación y escasez de los recursos naturales, así como el incremento de los costos de ciertas materias primas y energéticos necesarios para la fabricación de productos diversos; e interés económico en los materiales factibles de recuperar.

En la realidad, los sistemas de tratamiento vienen a formar parte del proceso integral del manejo de los residuos sólidos, permitiendo un eficiente aprovechamiento de los materiales y optimizando los espacios disponibles para la disposición final de los materiales no utilizados.

En los siguientes incisos se describen, en forma general, los métodos más utilizados para el tratamiento y manejo de los residuos sólidos en general:

9.2.1 Métodos Físicos.

9.2.1.1 Separación (manual o mecanizada).

Es muy usada para la recuperación de papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son sujetos de comercialización como materias primas para diversas industrias. La separación manual se practica en las fuentes generadoras, en los camiones recolectores de residuos sólidos y en los sitios no controlados de residuos sólidos que operan "a cielo abierto". La separación magnética se utiliza a nivel industrial para separar materiales ferrosos. En Mérida, Yucatán y en la Ciudad de México existen plantas procesadoras de residuos con separación mecanizada.

9.2.1.2 Trituración.

Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte. Forma parte del método de tratamiento por microondas de los residuos infecto-contagiosos. Se utiliza en las plantas productoras de composta. En países desarrollados existe la práctica de utilizar un sistema de trituración en los rellenos sanitarios, con el propósito de alcanzar una mayor eficiencia en la compactación de los residuos sólidos para ampliar la vida útil de los sitios.

9.2.1.3 Compactación.

Este método se utiliza principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos. La compactación se hace con maquinaria pesada en rellenos que disponen más de 40 toneladas por día. El grado de compactación óptima en un relleno sanitario es de 700-800 Kg./m³. Para ciudades de menos de 50,000 habitantes se puede emplear equipo más

CÁPITULO IX:
Tratamientos Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

sencillo o inclusive puede hacerse la compactación en forma manual. La compactación también se utiliza en los sistemas de recolección y transferencia de residuos sólidos, con el objeto de bajar los costos en el transporte.

9.2.2 Métodos Biológicos.

9.2.2.1 Composteo.

Este método es utilizado para procesar la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos que, generalmente, representa el 40-60% del volumen total. Consiste en la fermentación controlada y acelerada de los residuos utilizando el contenido microbiano presente. El resultado es un producto estabilizado que se emplea como abono orgánico o mejorador de suelos, sin llegar a nivel de fertilizante.

Las primeras plantas de composta producida a partir de residuos sólidos datan de los años 1925 a 1930 en la India y Holanda. Los países que más usan esta tecnología actualmente son España, Francia y Suecia. En México se han instalado aproximadamente 10 plantas industriales de composteo pero no han sido proyectos exitosos debido a problemas de mercado, debido a la falta de estudios técnicos orientados a determinar su viabilidad en la región de interés.

9.2.2.2 Digestión Anaerobia.

Es el proceso natural por medio del cual se degrada la materia orgánica, como en el caso de los rellenos sanitarios. La fermentación ocurre en forma lenta y en ausencia de oxígeno, liberándose un gas que contiene aproximadamente un 60% de metano, por lo que se puede emplear como una fuente de energía no convencional.

Existe también la posibilidad de llevar a cabo este proceso a nivel de planta, utilizando reactores en condiciones controladas, logrando mayores eficiencias en la producción de metano en el menor tiempo posible.

9.2.3 Métodos Químicos.

9.2.3.1 Hidrólisis.

Es un proceso mediante el cual se rompen los enlaces moleculares de los residuos agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases, o enzimas. Los productos de la molécula rota pueden ser inocuos o bien requieren ser tratados posteriormente y con más facilidad para reducir su toxicidad. Este método se utiliza para el tratamiento de residuos peligrosos.

9.2.3.2 Oxidación.

Esta tecnología esta basada principalmente en el uso de agentes oxidantes tales como Peróxido de Hidrógeno, Ozono o Hipoclorito de Calcio para oxidar la

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO IX: **Tratamientos Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.**

materia orgánica. La oxidación con aire húmedo (*wet air oxidation*) es un tratamiento que rompe enlaces presentes en los compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables, se realiza a altas temperaturas y presiones y se desarrolló originalmente para tratar lodos residuales.

9.2.3.3 Vitrificación.

El tratamiento de vitrificación térmica es usado para inmovilizar los componentes peligrosos de los residuos y transformar su comportamiento químico y físico. Se emplea para destruir residuos peligrosos en una cámara de reacción a altas temperaturas y sin oxígeno (*termólisis*). Los contaminantes se funden junto con la masa vítrea (*silícica*).

9.2.3.4 Polimerización.

La polimerización utiliza catalizadores para convertir monómeros o polímeros de bajo grado en compuestos particulares de alto peso molecular que pueden "encapsular" en su matriz diversos tipos de residuos.

9.2.4 Métodos Térmicos.

9.2.4.1 Incineración.

Es una tecnología compleja y costosa pero efectiva para hacer el tratamiento de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos (urbanos).

La incineración exige que los residuos tengan un poder calorífico superior a 1,200 Kcal./Kg. y las plantas incineradoras incluyen los sistemas de recuperación de energía en forma de vapor y electricidad. Este método genera gases contaminantes, por lo que además del costo del sistema, deberá considerarse una inversión adicional para cumplir con los estándares de emisión a la atmósfera. Los países que más emplean esta tecnología son Japón, Suiza, Suecia, Alemania, Francia y Estados Unidos de Norteamérica. También hay plantas incineradoras en Italia, España, Canadá y Gran Bretaña. En el caso de América Latina, la incineración se ha orientado principalmente al control de los residuos biológico infecciosos.

9.2.4.2 Pirolisis.

Este método se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como son llantas, aceites, telas y cartón contaminados con aceite, madera, etc. Su nombre científico es termólisis y consiste en la descomposición térmica de la materia en ausencia de aire, transformándola en hidrocarburos limpios y/o carbón. El proceso no genera gases contaminantes.

9.2.4.3 Microondas.

La tecnología de microondas se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infecto-contagiosos provenientes de hospitales y clínicas. Los

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO IX:
Tratamientos Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

residuos son triturados y se les inyecta vapor, después son triturados y expuestos continuamente a microondas. La desinfección se hace al aumentar la temperatura hasta 95° C durante 30 minutos.

9.2.4.4 Esterilización.

Es el proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o bien vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infecto-contagiosos.

CÁPITULO X:

Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

Definición de Disposición Final.

Nuestras leyes denomina la Disposición Final como:

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

- Artículo 5, sección 5, **Disposición final:** *“Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos”.*

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XI, **Disposición final:** *“La acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevean afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos”.*

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 (NTRS-1), Terminología.

- Apartado 2.19, **Disposición Final:** *“El depósito permanente de los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños a los ecosistemas”.*

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003:

- Apartado 4.40, **Sitio de disposición final:** *“Lugar donde se depositan los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma definitiva”.*
- Apartado 4.41, **Sitio controlado:** *“Sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización”.*
- Apartado 4.42, **Sitio no controlado:** *“Sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma”.*

10.1 GENERALIDADES.

La disposición final de residuos sólidos segura y confiable a largo plazo, debe ser un componente importante del manejo integral de residuos, ya que estos se consideran como los materiales que ya no tienen un uso y que no pueden ser recuperados para los sistemas productivos. Cuando se evalúa la utilidad de cada uno de los elementos funcionales, así como la efectividad y economía de todas las interfaces y conexiones entre esos diferentes elementos, se puede desarrollar un sistema de manejo integral de residuos.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Al final, algo se debe hacer con los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no pueden tener un uso futuro; los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de separación en una instalación para la separación de materiales; y los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de conversión de productos o energía.

La disposición sanitaria final de los residuos sólidos urbanos son aquellos que significan un sitio final para el vertido de los residuos sólidos en el mismo estado en el que se recolectan, como son: *Tiraderos a Cielo Abierto, Relleno Sanitario y Vertido al Mar o a Grandes Cursos de Agua.*

10.2 NORMATIVIDAD PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

El crecimiento demográfico, la modificación de las actividades productivas y el incremento en la demanda de los servicios, han rebasado la capacidad del ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad; por lo que es necesario contar con sistemas de manejo integral de residuos adecuados con la realidad de cada localidad. Por tal motivo y como parte de la política ambiental que promueve el Gobierno Federal, se pretende a través de la *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003*, regular la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que los sitios destinados tenga la infraestructura necesarias para su correcta operación, así como su diseño, construcción, operación, clausura, monitoreo y obras complementarias; se lleven a cabo de acuerdo a los lineamientos técnicos que garanticen la protección del ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales, la minimización de los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y la protección de la salud pública en general.

El Objetivo de La presente Norma Oficial Mexicana es establecer las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Tiene como Referencia la NOM-052-SEMARNAT-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

10.3 MÉTODOS DE DISPOSICIÓN FINAL.

10.3.1 No Recomendables.

10.3.1.1 Tiraderos a Cielo Abierto.

En esta disposición no es factible ni recomendable como solución, ya que su impacto ambiental es demasiado negativo para el ambiente; pero es costumbre generalizada en las ciudades y pueblos de nuestro país, depositar los desechos recolectados en lugares a la intemperie, más o menos cercano al perímetro urbano constituyendo estos tiraderos a cielo abierto de residuos sólidos urbanos en un foco de infección, que son albergue y fuente de alimento para la fauna nociva y transmisora, identificados como vectores biológicos de múltiples enfermedades para el hombre y su medio ambiente tanto natural como social.

Por otra parte, los basureros abiertos producen gases en especial el metano; así como humus, polvos y otros olores, contaminando la atmósfera; así mismo nos contamina el suelo y el subsuelo, mantos acuíferos superficiales y subterráneos, por los lixiviados; impactando a la flora y fauna y el medio ambiente que lo rodea.

Además, la quema de basuras que suelen realizarse en estos tiraderos produce humos, gases y polvos contaminantes del aire, causando molestias a los habitantes de colonias aledañas; asimismo, en algunos casos la cercanía del tiradero con respecto a aeropuertos y carreteras, dificulta el tránsito aéreo y terrestre, siendo causa de accidentes.

En tiempos recientes, las autoridades ambientales de nuestro país en todos los niveles, se han tomado la tarea, en base a sus facultades, a desaparecer paulatinamente este tipo de disposición final.

Por ningún motivo son recomendables los tiraderos a cielo abierto, pero mientras se clausuran, se mencionan algunos estudios mínimos que se deben realizar:

- **Estudios topográficos:** Sirven para seleccionar, mediante la consideración de los elementos topográficos, el lugar idóneo para la colocación de un tiradero. Es conveniente que el lugar se encuentre a un nivel menor al de la comunidad, ya que al llover, puede escurrir agua contaminada hacia la población, aunque si se selecciona una depresión, se debe tener cuidado que el suelo sea lo más impermeable posible, para que al almacenarse el agua pluvial, no se filtre al subsuelo.
- **Estudios socioeconómicos:** Tiene el fin de conocer las costumbre de la población, su nivel tanto social como económico, para identificar que tipo de desechos se generan y que necesidades de disposición final es conveniente aplicar en esa comunidad. También se necesita saber con que capital se puede contar para la versión en un sistema de disposición final adecuado.
- **Estudios climáticos:** Estos dan la pauta para escoger el tipo de disposición final que se puede utilizar, tomando como base que en lugares calurosos,

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.

Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

por ejemplo, no es conveniente utilizar tiraderos a cielo abierto, debido a la proliferación de moscas, roedores y demás fauna nociva que pueda afectar a la comunidad; al igual que en los lugares con mucha precipitación pluvial, ya que el agua que cae sobre los residuos se contamina y se infiltra en el subsuelo, causando contaminación en éste y en los mantos freáticos de la localidad.

- **Estudios de dirección de vientos dominantes:** Los vientos dominantes ayudan a seleccionar el lugar adecuado para un tiradero a cielo abierto, para que los malos olores o los humos y gases que se despiden no contaminen a la comunidad, y se esparzan al lado contrario al que se encuentra la población.
- **Estudios de las corrientes superficiales y subterráneas del agua:** Se necesita conocer si en el lugar seleccionado para el tiradero a cielo abierto se encuentra alguna corriente, tanto superficial como subterránea, para evitar contaminarla. Al conocer el nivel freático, también se puede decidir si es conveniente tener un tiradero a cielo abierto, debido a que si el nivel freático se encuentra a una profundidad considerable, es poco probable que se contamine el manto acuífero.

Como se puede apreciar, se tiene que conjuntar diferentes alternativas, basándose en los estudios antes mencionados, para tener la certeza de que el lugar seleccionado para el tiradero a cielo abierto es el correcto.

10.3.1.2 Vertido a Grandes Cuerpos de Agua.

Dentro de los diversos métodos de disposición final de residuos sólidos urbanos, el vertido al agua es uno de los más inconvenientes, debido principalmente al alto grado de contaminación y al impacto ambiental que provoca. Ya que como en el caso del vertido al río, si la corriente no es suficiente, los residuos sólidos urbanos tienden a acumularse en el punto de operación del vaciado y en las márgenes próximas.

En el caso del vertido al mar abierto, aun cuando las basuras se arrojen a distancias considerables de la playa (30 Km.) se ha observado que la acción del viento, del oleaje, las mareas y las corrientes marinas, logran devolver los desechos a las playas, que en la mayoría de los casos son utilizadas como lugares de recreo. Este sistema presenta además otros grandes inconvenientes, como la necesidad de almacenar los residuos en época de tormentas y huracanes, el costo de la adaptación de los muelles es muy alto, por el espacio requerido para los mecanismos especiales de operación de traslado de residuos y el costo del desplazamiento de los barcos hasta el sitio de vertido; aspectos que muchas veces hacen que este método de disposición final sea antieconómico.

Vertido en Acantilados.

Se requiere de altura suficiente que permita el vaciamiento de los residuos sólidos directamente al mar, deberán hacerse las acomodaciones correspondientes para dar seguridad a los camiones y construir plataformas de

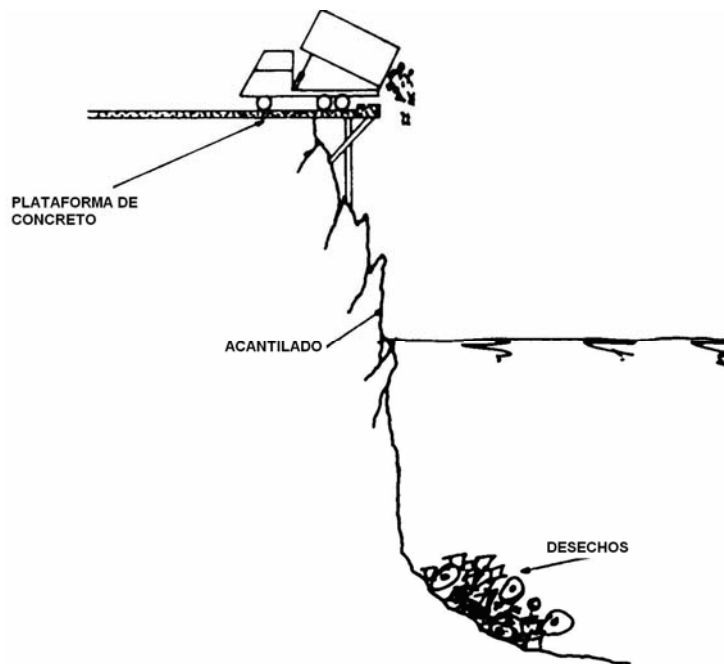
“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.

Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

concreto o adaptar la roca para que la basura en su totalidad caiga gravitacionalmente al mar. Conviene disponer de una bomba accionada por un motor eléctrico o de gasolina, según las circunstancias, que permita efectuar un lavado diario con agua dulce o salada.

Para adoptar este sistema se precisa que el mar tenga suficiente profundidad y que la dirección de las corrientes marinas sean opuestas a las playas, lugares que embellezcan u ornamenten las ciudades costeras o a los puntos donde pudiesen perjudicar la fauna marina o la pesca. En estas condiciones, el movimiento del mar permite la desintegración y eliminación de la basura sin que se produzcan trastornos sanitarios o afecte el bienestar de la comunidad o bañistas que utilicen las playas.



Esquematación de Vertido en Acantilado.

Vertido al Mar por Método SEADUM:

El Método *SEADUM* se aplica para la disposición final de los residuos en mar abierto. El sistema presenta grandes ventajas anticontaminantes, aunque su implantación requiere fuertes inversiones.

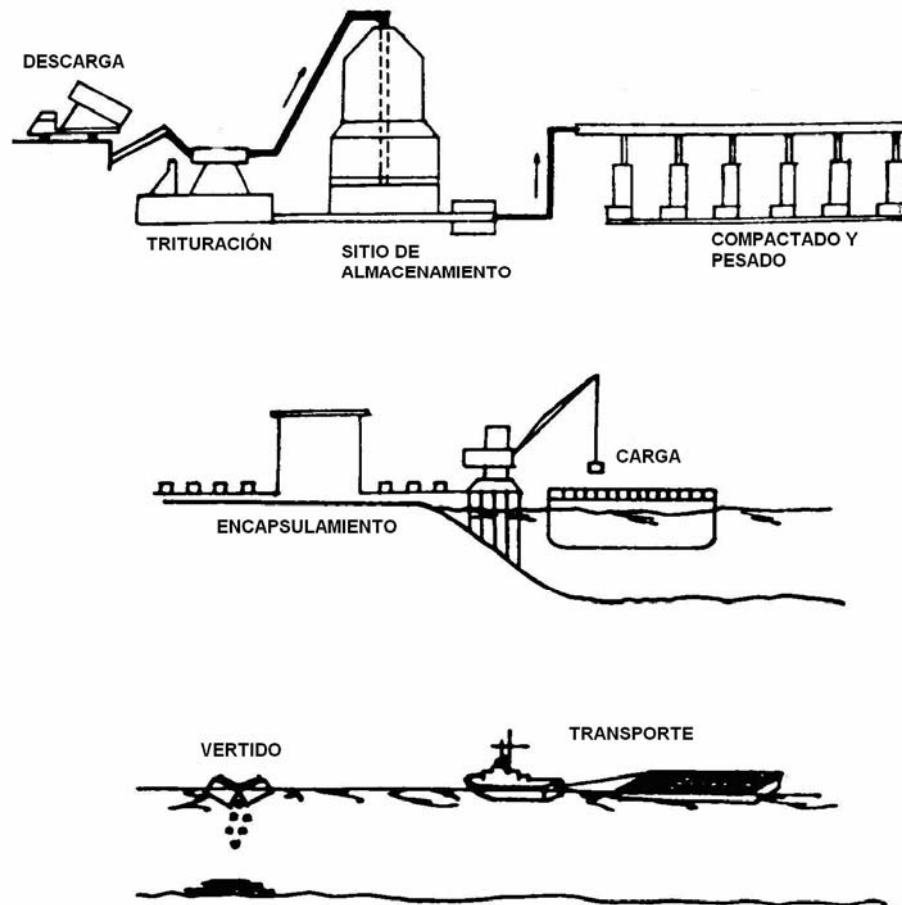
El método consiste en lo siguiente:

1. Descarga de los residuos en la trituradora.
2. De la trituradora, los residuos pasan a ser almacenados en silos construidos específicamente para este fin.
3. Los residuos son compactados formando así bloques, los cuales deben alcanzar un tamaño y peso determinados.
4. Los bloques son encapsulados.
5. Se procede a cargar las chalanas en las cuales van a ser llevadas al sitio de disposición previamente localizado.

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: *Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.*

En los Estados Unidos se practica este sistema haciendo el vertido en depresiones marinas que exceden los 1,000 metros de profundidad.



Esquemmatización del Método SEADUM.

Vertido en Lagos.

Todos los métodos de disposición final en agua son inconvenientes, pero el vertido en lagos es el menos aconsejable, debido a que el movimiento de las corrientes en lagos y laguna es menor que en las zonas marinas, reduciéndose la degradación de los residuos, resultando en el incremento del riesgo de contaminar la flora y el hábitat de la fauna de la zona y en algunos casos, las fuentes de abastecimiento de agua de la población humana.

Vertido en Ríos.

El vaciamiento en ríos está casi completamente en desuso, por los grandes riesgos sanitarios que presenta el arrastre de los desechos por la extensión del río. Para este método se debe considerar el tirante y la velocidad de la corriente para tener una degradación considerable de los residuos, aspecto que no siempre se cumple y que repercute en la destrucción de estos cuerpos de agua.

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".

Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Vertido en Zonas Húmedas

Los emplazamientos de vertederos en zonas húmedas pueden ser de tres tipos generales: *Ciénagas y Marjales*, *Marismas* (que la bajamar deja más o menos en seco) y *Lagunas, Canteras y otras Depresiones Similares llenas de agua estancada*.

Antes de iniciar las operaciones se debe preparar un plan a largo plazo para mejorar el emplazamiento. Este plan debe incluir información sobre los niveles y profundidades finales del vertedero, sobre el sistema de drenaje, la cantidad necesaria del material de recubrimiento, el volumen potencial del vertedero y su vida probable. Si los planes generales de urbanismo prevén la construcción de carreteras, puentes, edificios para industrias pesadas u otras construcciones en la zona, puede resultar imposible instalar vertederos en esa área. El alcantarillado, los colectores de aguas pluviales y otras grandes canalizaciones que haya que construir en el emplazamiento probablemente tengan que estar terminadas antes de iniciar la operación del vertedero.

10.3.2 Recomendables.

10.3.2.1 Relleno Sanitario.

Definición de Relleno Sanitario.

Las Leyes y Normas Oficiales Mexicanas que incluyen el concepto de *Relleno Sanitario* son:

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

- Artículo 3, sección XXIX, **Relleno sanitario**: La obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos ubicados en sitios adecuados al ordenamiento ecológico, mediante el cual los residuos sólidos se depositan y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con material natural o sintético para prevenir y minimizar la generación de contaminantes al ambiente y reducir los riesgos a la salud.

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 de Terminología (NTRS-1).

- Apartado 2.40, **Relleno Sanitario**: Método de Ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos municipales, los cuales se depositan, se esparcen, compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con una capa de tierra, al término de las operaciones del día.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

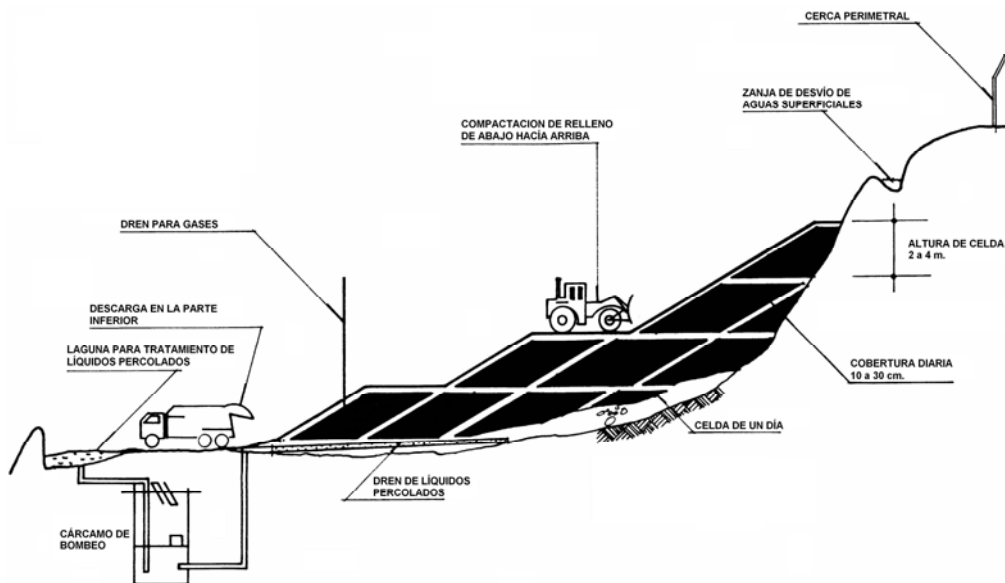
CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

- Apartado 4.36, **Relleno sanitario:** Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructuras adicionales, los impactos ambientales.

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

El *Relleno Sanitario* se define así: “Es una técnica para la disposición de la basura en el suelo, sin causar perjuicios en el medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud o seguridad pública; este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo práctico de la basura ahí depositada con una capa de tierra, con la frecuencia necesaria por lo menos al final de cada jornada”.

En la siguiente figura se ilustra un corte esquemático de un Relleno Sanitario con sus diferentes componentes:



Esquemización de un Relleno Sanitario con sus Principales Elementos.

Asimismo, la *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003* establece categorías de sitios de disposición final de acuerdo a la cantidad de residuos sólidos.

CATEGORÍA DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL (NOM-083-SEMARNAT-2003)	
Tipo:	Ton. Recibidas:
A	Mayor a 100.
B	De 50 hasta 100.
C	Mayor de 10 y menor de 50.
D	Menor a 10.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

Algunos términos que interesan en el tema de relleno sanitario se presentan a continuación:

Definición de Biogás:

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

Artículo 3, sección V, **Biogás:** “El conjunto de gases generados por la descomposición microbiológica de la materia orgánica”.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

Apartado 4.7, **Biogás:** “Mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos, constituida principalmente por metano y bióxido de carbono”.

Definición de Lixiviados:

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

Artículo 3, sección XVI, **Lixiviado:** “Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos”.

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (Art. 3).

Artículo 3, sección XIX, **Lixiviados:** “Los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositen residuos sólidos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua”.

Norma Técnica de Residuos Sólidos 1 de Terminología (NTRS-1).

Apartado 2.26, **Lixiviado:** “Líquido contaminante que resulta del paso de agua a través de un estrato de residuos sólidos”.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

4.21 Lixiviado: (ídem LGPGIR, Art. 5, sec. XVI).

Ventajas y Desventajas del Relleno Sanitario.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Ventajas:

- El relleno sanitario como uno de los métodos de disposición final de los residuos sólidos municipales, es la alternativa más económica; sin embargo, no hay que olvidar que es necesario asignar recursos financieros y técnicos suficientes para la planeación, diseño, construcción y operación.
- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para la implementación de un sistema de tratamiento tal como la separación, composteo o incineración.
- Cuando se dispone de material para la cobertura de los residuos sólidos en el mismo sitio, esta condición es generalmente la más económica de las diferentes opciones para la disposición final.
- El relleno sanitario es un método final para la disposición de los residuos sólidos, que no requiere de operaciones adicionales, tal como el caso de la incineración o el composteo, los cuales requieren un sitio y de operaciones adicionales para la disposición de los productos finales.
- Se recuperan terrenos antes considerados como improductivos o marginales transformándolos en áreas útiles para la creación de parques, zonas recreativas y esparcimiento, o simplemente áreas verdes.
- Es un método flexible, dado que en caso de incrementar la cantidad de residuos por disponerse requiere únicamente de muy poco equipo y personal.
- El gas metano generado por la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos, puede ser atractivo para su aprovechamiento como fuente de energía no convencional, dependiendo de las características del sitio.

Desventajas:

Se requiere de una supervisión permanente para mantener un alto nivel de las operaciones y asegurar que no habrá fallas a futuro.

Cuando no existen terrenos cercanos a las fuentes de generación de residuos sólidos, debido al crecimiento urbano, el costo de transporte se verá fuertemente afectado.

La relativa cercanía de los rellenos a las áreas urbanas puede provocar serios problemas de queja pública.

Existe un alto riesgo, sobre todo en los países del tercer mundo, que por la carencia de recursos económicos para la operación y mantenimiento, se convierta el relleno sanitario en tiradero a cielo abierto.

Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, así como la generación de olores desagradables y gases, si no se toman las debidas medidas de control y de seguridad.

Los asentamientos diferenciales que sufren los rellenos sanitarios con respecto al tiempo, impide que estos sean utilizados una vez que se han concluido las operaciones.

Selección Del Sitio De Disposición Final De Los Residuos Sólidos Urbanos.

La selección de un sitio es el primer paso en el diseño de un relleno sanitario. La importancia de una adecuada planeación del proceso de selección es vital para asegurar que el diseño cumpla con todos los requerimientos que aseguren su

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

adecuada ubicación y futura operación. El reconocimiento no solamente de factores técnicos, sino también de factores ambientales, económicos, sociales y políticos, es vital.

El objetivo del estudio de selección de sitios es encontrar un sitio donde la disposición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial pueda realizarse económicamente con el mínimo trastorno del ambiente y la salud humana.

La propia NOM-083-SEMARNAT-2003 establece las especificaciones que debe reunir un sitio para la disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Esta norma cuenta con los siguientes elementos generales:

- Los criterios, estudios y análisis que deben hacerse para seleccionar el lugar donde se construirá el relleno sanitario.
- Los estudios y criterios básicos para el diseño de ingeniería de este tipo de obra.
- Las características de construcción y operación que deberá tener.
- Las obras complementarias para su funcionamiento.
- Las características del monitoreo ambiental.
- Las bases para considerar la clausura final, y
- El procedimiento para evaluar el cumplimiento de esta Norma ante las autoridades correspondientes.

El diagnóstico corresponde a la ubicación del sitio, que permitirá establecer si este resulta o no adecuado para la disposición final de los residuos sólidos urbanos. Este emboque considera 10 conceptos característicos de un sitio, a cada uno de los cuales se les aplica una calificación, que se muestran en las siguientes tablas.

Para realizar el diagnóstico correspondiente a la ubicación del sitio, se deberá utilizar la tabla mencionada, asignando la calificación cuantitativa que corresponda a cada uno de los conceptos característicos para un sitio en particular.

FACTORES DE EVALUACIÓN PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO			
Conceptos que Influyen en la Selección del Sitio:	Opciones:		
	Excelente	Buena	Regular
Vida Útil:	Mayor de 10 años	De 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 de la mancha urbana	En ambos sentidos de la mancha urbana	En sentido de la mancha urbana

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

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 12 Km.
Geología	Impermeables.	Semipermeables	Permeables.
Geohidrología:	Más de 30 m. de profundidad (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 DE VALORES PARA LA SELECCIÓN DE UN SITIO

Conceptos que Influyen en la Selección del Sitio:	Valores:	Opciones:		
		Excelente 1.000	Buena 0.850	Regular 0.700
Vida Útil:	1.000	1.000	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

Especificaciones para la Selección del Sitio.

Restricciones para la ubicación del sitio.

Se establecen en la sección 6.1 de La Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, las siguientes restricciones: "Además de cumplir con las disposiciones legales aplicables, las condiciones mínimas que debe cumplir cualquier sitio de disposición final (tipo A, B, C o D) son las siguientes:"

1. Cuando un sitio de disposición final se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 kilómetros del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, la distancia elegida se determinará mediante un estudio de riesgo aviario.
2. No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas.
3. En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 metros contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.

*"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.*

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

4. No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.
5. El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.
6. La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 metros como mínimo.
7. La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

Estudios y Análisis Previos Requeridos para la Selección del Sitio.

La Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, en sus secciones 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5, indica que para la instalación de un Relleno Sanitario se requieren elaborar los siguientes estudios:

Estudio geológico.

Deberá determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo, se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos perforados en la zona e informes realizados por alguna institución particular u oficial.

Estudios hidrogeológicos.

Evidencias y uso del agua subterránea: Definir la ubicación de las evidencias de agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias, en la zona de influencia, para conocer el gradiente hidráulico. Asimismo, se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo en la zona de estudio.

Identificación del tipo de acuífero: Identificar las unidades hidrogeológicas, tipo de acuífero (confinado o semiconfinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero.

Análisis del sistema de flujo: Determinar la dirección del flujo subterráneo regional.

Estudios y análisis, en el sitio, previos a la construcción y operación de un sitio de disposición final:

La realización del proyecto para la construcción y operación de un sitio de disposición final debe contar con estudios y análisis previos, de acuerdo al tipo de sitio de disposición final especificado en la tabla.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

- **Estudio Topográfico:** Se debe realizar un estudio topográfico incluyendo planimetría y altimetría a detalle del sitio seleccionado para el sitio de disposición final.
- **Estudio geotécnico:** Se deberá realizar para obtener los elementos de diseño necesarios y garantizar la protección del suelo, subsuelo, agua superficial y subterránea, la estabilidad de las obras civiles y del sitio de disposición final a construirse, incluyendo al menos las siguientes pruebas:
 - ⇒ *Exploración y Muestreo:*
 - Exploración para definir sitios de muestreo.
 - Muestreo e identificación de muestras.
 - Análisis de permeabilidad de campo.
 - Peso volumétrico “*in-situ*”.
 - ⇒ *Estudios en laboratorio:*
 - Clasificación de muestras, según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos.
 - Análisis granulométrico.
 - Permeabilidad.
 - Prueba Proctor.
 - Límites de Consistencia (Límites de Atterberg).
 - Consolidación unidimensional.
 - Análisis de resistencia al esfuerzo cortante.
 - Humedad.

Con las propiedades físicas y mecánicas definidas a partir de los resultados de laboratorio, se deben realizar los análisis de estabilidad de taludes de las obras de tercera correspondientes.

Evaluación geológica.

- Se deberá precisar la litología de los materiales, así como la geometría, distribución y presencia de fracturas y fallas geológicas en el sitio.
- Se deberán determinar las características estratigráficas del sitio.

Evaluación hidrogeológica.

- Se deben determinar los parámetros hidráulicos, dirección del flujo subterráneo, características físicas, químicas y biológicas del agua.
- Se deben determinar las unidades hidrogeológicas que componen el subsuelo, así como las características que las identifican (espesor y permeabilidad).

Estudios de generación y composición.

- **Generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial:** Se deben elaborar los estudios de generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial de la población por servir, con proyección para al menos la vida útil del sitio de disposición final.
- **Generación de biogás.** Se debe estimar la cantidad de generación esperada del biogás, mediante análisis químicos estequiométricos, que tomen en cuenta la composición química de los residuos por manejar.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

- **Generación del lixiviado.** Se debe cuantificar el lixiviado mediante algún balance hídrico.

Cumplimiento de estudios y análisis previos.

En la siguiente tabla, se indican los estudios que se deben realizar, según sea el tipo de sitio por desarrollar.

ESTUDIOS Y ANÁLISIS PREVIOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL			
Estudios y Análisis.	A	B	C
Geológico y Geohidrológico Regionales.	X		
Evaluación Geológica y Geohidrológica.	X	X	
Hidrológico.	X	X	
Topográfico.	X	X	X
Geotécnico.	X	X	X
Generación y composición de los Residuos Sólidos y de Manejo Especial.	X	X	X
Generación de biogás.	X	X	
Generación de lixiviado.	X	X	

Metodología de Selección del Sitio.

El uso de una metodología específica para la selección de un sitio para disposición final de RSU y de ME es benéfico, ya que de esta forma se puede mostrar que se analizó un buen número de sitios potenciales y con los criterios más significativos, antes de seleccionar un sitio en particular para los estudios y análisis previos ya señalados y la posible implementación del relleno en el sitio. El proceso recomendado generalmente en la selección de sitios para la instalación de un relleno sanitario consiste en las siguientes etapas:

Identificación y Evaluación de Zonas de Estudio.

En este caso se considera conveniente delimitar aquellas áreas que dentro de la extensión del territorio municipal, presentan las condiciones menos adversas para albergar un sitio de disposición final. El primer paso es la determinación del radio máximo del área de estudio, con base en las distancias de transporte desde las estaciones de transferencia y/o los centroides de las áreas potenciales de servicio; y el segundo paso, la determinación de las restricciones legales, físicas, demográficas, sociales, estéticas y sanitarias.

Una forma de identificación de las zonas factibles es a través de la utilización de cubiertas (acetatos) que se superponen sobre un plano, cada acetato identifica las áreas con limitaciones moderadas o severas para determinado criterio. Dentro de los criterios que se utilizan, destacan los siguientes:

- Geología.
- Hidrología subterránea.
- Zonas de preservación ecológica.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

- Zonas susceptibles de desarrollo urbano.
- Hidrología superficial.
- Uso potencial del suelo.
- Topografía.
- Infraestructura de comunicación y conducción.
- Importancia arqueológica e histórica.
- Edafología.
- Climatología lluviosa.
- Climatología en sequía.

De esta manera, se eliminan las zonas menos deseables, por sus diversas características, que corresponderán a las áreas restringidas. Las investigaciones del subsuelo deben ser realizadas para aquellos sitios potenciales con las características más deseables.

Una vez, sobrepuestas las cubiertas con los criterios en donde se identifican aquellas áreas con limitaciones para ubicación de un sitio de disposición final, se procede a descartarlos para enfocar el análisis sobre aquellas zonas que tienen vocación para los fines perseguidos.

Identificación de Sitios Potenciales.

Una vez conocidas las áreas que pueden ser estudiadas y después de establecer el tamaño del relleno requerido para recibir los residuos del área poblacional o urbana de interés, por un cierto número de años, la búsqueda de sitios viables dentro de dichas áreas puede comenzar, manteniendo siempre presentes las restricciones tanto técnicas como legales, que se estudien para la ubicación de sitios.

Evaluación y Cribado de los Sitios Potenciales.

En la metodología para el cribado de los sitios potenciales se toman en cuenta consideraciones técnicas, económicas y de aceptación pública. La metodología puede incluir diversos sistemas de calificación, así como algunos análisis de tipo subjetivo. Normalmente se recomienda realizar la investigación de 3 a 5 sitios potenciales e identificar los problemas de cada uno, ya que las investigaciones de campo pueden proporcionar información complementaria. Sin embargo, el grado de detalle y la intensidad de la investigación variará de un sitio a otro. Dentro de las consideraciones técnicas se tienen las siguientes:

a) Consideraciones Técnicas

- Distancia de transporte
- Tamaño y vida del sitio
- Topografía.
- Agua superficial
- Suelos y geología
- Agua subterránea
- Cantidad y compatibilidad del suelo (material de cobertura)
- Vegetación

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

- Áreas ambientalmente sensibles
 - Áreas de importancia arqueológica e histórica
 - Accesos al sitio
 - Uso del suelo
- b) Consideraciones económicas
- c) Consideraciones de aceptación pública

Selección Final del Sitio

En esta etapa final se debe considerar, además de los resultados del proceso de evaluación y clasificación de los sitios, las alternativas de uso del sitio terminado y determinar el uso para cada sitio potencial. El mejor sitio será aquel cuyo uso final sea acorde con los planes de desarrollo de la zona en que se asienta y además presente la mayor prioridad en la clasificación realizada previamente.

Diseño de un Relleno Sanitario Sustentable.

Para que un sitio de disposición final cumpla eficientemente su función de relleno sanitario y no se convierta en un riesgo para el medio ambiente y la salud pública, deberá realizarse una buena construcción y operación considerando aquellos elementos constructivos y de monitoreo que garanticen su adecuada operación. Estos son básicamente:

- Tipo de terreno.
- Selección de sitio.
- Geohidrología.
- Mecánica de suelos.
- Estudios topográficos.
- Cálculo de vida útil.
- Diseño de la celda diaria.
- Diseño de franjas.
- Diseño de capas.
- Material de cubierta.
- Movimiento de tierras.
- Impermeabilización.
- Control de líquidos percolados.
- Pozo de monitoreo (lixiviados).
- Captación de biogás.
- Sistema de captación de aguas de escurrimiento.
- Obras complementarias.
- Equipo mecánico.
- Gerenciamiento.
- Manual de operación.
- Especificaciones complementarias.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Tipos de Terreno:

Definimos los métodos de relleno sanitario en función de los diferentes perfiles del terreno: *Plano, Inclinado, Tipo Cañón (Barranca), Banco de Materiales Abandonado o Combinado.*

El procedimiento de selección para el diseño de un relleno sanitario sustentable se hace a partir de que ya se conoció el perfil del terreno disponible; que podrá ser: zanja o trinchera, área, cañón o terrazas, rampa, terraplén o combinado.

Métodos de Relleno Sanitario Sustentable.

A continuación se mencionan los métodos más usuales que se emplean para realizar el movimiento, conformación y cobertura de los residuos sólidos.

- *Método de Zanja o Trinchera.*

Consiste en mover y consolidar los residuos sólidos dispersos en la menor área posible. Enseguida se excava una o varias trincheras con un volumen equivalente al total de los residuos sólidos que se pretende confinar. En la o las trincheras excavadas se depositan y compactan los residuos y, finalmente son cubiertos con el material excavado.

Los residuos consolidados son empujados y depositados sobre el talud inclinado de la(s) trinchera(s), en donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas, hasta alcanzar el volumen disponible de la misma trinchera y proceder posteriormente a cubrirlos con el material excavado, el cual es esparcido y compactado sobre los residuos

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

- *Método de Área.*

Este método se puede usar en cualquier terreno en donde se encuentre el sitio de disposición final, tal como canteras, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénagas contaminadas.

Un aspecto importante en este método, para que la clausura sea económica, es que el material de cubierta se transporte de lugares cercanos a éste y se haga una planeación del mínimo movimiento de residuos sólidos, siempre y cuando las condiciones de estabilidad mecánica de la basura lo permitan.

Por ejemplo, en Sitios no Controlados en barrancas o cauces de ríos, este método tiene la variante de llevarse a cabo conjuntamente con un sistema de terrazas o plataformas, brindando la estabilidad mecánica necesaria para evitar el deslizamiento de taludes. En los casos de sitios con el nivel freático superficial,

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

es factible desarrollar el mismo método; excepto que se requiere de acondicionar el terreno con una base impermeable, depositando los residuos encima de la misma.

- *Método de Rampa.*

Este método es una variación del método de área, y se emplea generalmente en terrenos ondulados. Consiste básicamente en mover, conformar y compactar los residuos sobre el talud del terreno, para posteriormente ser cubierto con material inerte.

- *Método de Terrazas.*

Este sistema se emplea principalmente cuando los residuos sólidos han sido depositados en cañadas barrancas. Es también una variante del método de área y consiste primordialmente en dividir el talud original de los residuos en dos o más secciones, dependiendo de la altura y longitud del talud; esta división se marca dejando una superficie horizontal, de manera que entre talud y talud existe un ancho de corona. En este método también es necesario mover, conformar y cubrir los residuos.

- *Método del Terraplén.*

Este método es empleado en lugares donde el tipo de terreno es pantanoso, por lo que es necesario realizar un terraplén sobre el nivel del terreno, con material seco, donde puedan ser colocados, conformados y cubiertos los residuos sólidos.

- *Método Combinado.*

En algunos casos, cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el saneamiento los permiten, es posible combinar los dos métodos anteriores.

Por ejemplo, se inicia con la consolidación de los residuos en una parte del terreno ocupado, y se construye la trinchera en donde se depositan parte de los residuos sólidos. Posteriormente se procede a depositar residuos en la parte superior de la trinchera, mismos que son compactados y cubiertos con material de cubierta.

Este método es recomendable cuando se carece de material de cubierta en la zona, además de que el volumen adicional que proporciona la trinchera, economiza la utilización de dicho material.

Otra variante 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 servirá para ser rellena.

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

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

Principios Básicos del Relleno Sanitario Sustentable.

Con el propósito de que se conceptualice con claridad en qué consiste la operación de un relleno sanitario, se enumeran los principios básicos de operación más relevantes:

- **Descarga:** La descarga consiste en depositar o colocar los residuos sólidos en el frente de trabajo de una manera adecuada, segura y controlada.
- **Conformación y compactación:** Consiste en empuje, acomodo y compactado de los residuos sólidos, en capas que usualmente no deben ser mayores de 0.50 m, con el objeto de formar celdas, previamente diseñadas. Generalmente los residuos se apoyan sobre un plano inclinado (talud) 1:3 o 1:4 dependiendo de la potencia del equipo que conformará la celda. La operación de compactación consiste en disminuir el volumen de los residuos sólidos. Se recomienda que el equipo de compactación pase de 2 a 4 veces sobre los residuos, dependiendo del peso del equipo.
- **Cobertura diaria:** La cubierta diaria de los residuos sólidos será a base de una capa de tierra de aproximadamente de 0.10 a 0.20 m de espesor y, se colocará al finalizar la jornada de trabajo. Cuando por programación de la formación de celdas, sobre la capa de cubierta diaria no se depositarán residuos en un tiempo mayor de 6 meses, la cubierta deberá ser de 0.60 m de espesor.

Construcción y Operación de un Relleno Sanitario Sustentable.

Una vez se hayan realizado los estudios y análisis previos requeridos por la NOM-083-SEMARNAT-2003, tenemos que de acuerdo con la categoría del relleno que se proyecte, el proyecto ejecutivo del sitio de disposición final deberá cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 7 de dicha Norma, mismos que a continuación se describen:

CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN QUE DEBERÁ TENER EL RELLENO SANITARIO.

- Todos los sitios de disposición final deben contar con una barrera geológica natural o equivalente, a un espesor de un metro y un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos 1×10^{-7} cm./seg. sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final; o bien, garantizarla con un sistema de impermeabilización equivalente.
- Se debe garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás generado en el sitio de disposición final. Una vez que los volúmenes y la edad de los residuos propicien la generación de biogás y de no disponerse de sistemas para su aprovechamiento conveniente, se

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

procederá a su quema ya sea a través de pozos individuales o mediante el establecimiento de una red con quemadores centrales.

- Debe construirse un sistema que garantice la captación y extracción del lixiviado generado en el sitio de disposición final. El lixiviado debe ser recirculado en las celdas de residuos confinados en función de los requerimientos de humedad para la descomposición de los residuos, o bien ser tratado, o una combinación de ambas.
- Se debe diseñar un drenaje pluvial para el desvío de escurrimientos pluviales y el desalojo del agua de lluvia, minimizando de esta forma su infiltración a las celdas.
- El sitio de disposición final deberá contar con un área de emergencia para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cuando alguna eventualidad, desastre natural o emergencia de cualquier orden no permitan la operación en el frente de trabajo; dicha área debe proporcionar la misma seguridad ambiental y sanitaria que las celdas de operación ordinarias.
- Los sitios de disposición final, de acuerdo a la clasificación antes detallada, deberán alcanzar los siguientes niveles mínimos de compactación:

REQUERIMIENTOS DE COMPACTACIÓN DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003			
Sitio:		Compactación (Kg./m³)	Recepción de residuos (Ton/día)
A	A1	Mayor de 700	Mayor de 750
	A2	Mayor de 600	100-750
B		Mayor de 500	50-100
C		Mayor de 400	10-50

- Se debe controlar la dispersión de materiales ligeros, la fauna nociva y la infiltración pluvial, Los residuos deben ser cubiertos en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 horas posteriores a su depósito.
- El sitio de disposición final, adoptara medidas para que los siguientes residuos no sean admitidos:
- Residuos líquidos tales como aguas residuales y líquidos industriales de proceso, así como lodos hidratados de cualquier origen, con más de 85% de humedad con respecto al peso total de la muestra.
- Residuos conteniendo aceites minerales.
- Residuos peligrosos clasificados de acuerdo a la normatividad vigente.
- Los lodos deben ser previamente tratados o acondicionados antes de su disposición final

Obras Complementarias para su Funcionamiento

Los sitios de disposición final deberán contener las siguientes obras complementarias:

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

**OBRAS COMPLEMENTARIAS REQUERIDAS DE ACUERDO AL TIPO
DE DISPOSICIÓN FINAL**

Obra:	A	B	C
Caminos de acceso.	X	X	X
Caminos interiores.	X	X	
Cerca perimetral.	X	X	X
Caseta de vigilancia y control de acceso.	X	X	X
Bascula.	X	X	X
Agua potable, electricidad, drenaje.	X	X	
Vestidores y servicios sanitarios.	X	X	X
Franja de amortiguamiento (mínimo 10 metros).	X	X	X
Oficinas.	X	X	
Servicio, medico y seguridad personal.	X	X	

Además, de acuerdo al punto 7.10 de la NOM-083-SEMARNAT-2003, el sitio de disposición final deberá contar con:

a) Un manual de operación que contenga:

- Dispositivos de control de accesos de personal, vehículos y materiales, prohibiendo el ingreso de residuos peligrosos, radiactivos o inaceptables.
- Método de registro de tipo y cantidad de residuos ingresados.
- Cronogramas de operación.
- Programas específicos de control de calidad, mantenimiento y monitoreo ambiental de biogás, lixiviados y acuíferos.
- Dispositivos de seguridad y planes de contingencia para: incendios, explosiones, sismos, fenómenos meteorológicos y manejo de lixiviados, sustancias reactivas, explosivas e inflamables.
- Procedimientos de operación.
- Perfil de puestos.
- Reglamento Interno.

b) Un Control de Registro:

- Ingreso de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, materiales, vehículos, personal y visitantes.
- Secuencia de llenado del sitio de disposición final.
- Generación y manejo de lixiviados y biogás.
- Contingencias.

c) Informe mensual de actividades.

Selección del Equipo Mecánico.

La selección del equipo a utilizar en un Relleno Sanitario dependerá del tipo y cantidad de basura a mover por jornada, del tipo de superficie sobre la cual se va a trabajar, del método de operación a emplear y, del tipo de material de cobertura a utilizar, en cada caso en particular.








CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

Adicionalmente, es fundamental considerar la disponibilidad del equipo, su costo, la facilidad de conseguir repuestos y refacciones así como el servicio de atención mecánica para su reparación y mantenimiento.

Para una mayor claridad en cuanto a la determinación y selección del equipo mecánico, se muestran a continuación la tabla que indica las funciones y usos de cada tipo de máquina, así como las características de potencia necesaria, con base en la cantidad de residuos por mover, respectivamente.

OPCIONES DE MAQUINARIA PARA UN RELLENO SANITARIO

- E** - Excelente
- B** - Bueno
- R** - Regular
- P** - Pobre
- NA** - No Aceptable

	DESECHOS SÓLIDOS		MATERIAL DE CUBIERTA			
	ESPARCIR	COMPACTAR	EXCAVAR	ESPARCIR	COMPACTAR	ACARREAR
 TRACTOR SOBRE ORUGAS CON HOJA TOPADORA (BULLDOZER)	E	B	E	E	B	NA
 TRACTOR SOBRE ORUGAS CON CUCHARON (CARGADOR FRONTAL)	B	B	E	B	B	R
 COMPACTADOR DE RELLENOS SANITARIOS CON RUEDAS DENTADAS (PATA DE CABRA)	E	E	P	E	E	NA
 TRACTOR SOBRE NEUMÁTICOS CON HOJA TOPADORA	B	R	R	E	R	NA
 TRACTOR SOBRE NEUMÁTICOS CON CUCHARÓN	B	R	B	B	R	B
 MOTOESCREPA	NA	NA	E	E	NA	E
 DRAGALINA	NA	NA	E	R	NA	NA

Características de la Cobertura Final.

Dentro de la operación de rellenos sanitarios existe un requisito indispensable, que es el de cubrir los residuos sólidos diariamente al termino de la jornada de trabajo. Al finalizar la vida útil del sitio, es necesario colocar una cubierta final o capa de sello.

De igual manera, cuando se realiza el saneamiento y clausura de un Sitio no Controlado, es indispensable colocar un material de cubierta, ya sea natural o sintético, sobre los residuos sólidos, a efecto de regenerar el sitio y el medio ambiente que lo circunda.

Por tal motivo, el material a utilizarse para la cobertura final de los residuos sólidos deberá contar con ciertos requisitos para cumplir con algunas funciones primordiales, tales como:

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

- a) *Minimizar la proliferación de moscas y roedores, así como controlar la atracción de animales.*
Evitando la aparición y atracción de moscas y otros insectos.
Disminuyendo la atracción de aves, roedores y otros animales.
- b) *Controlar el escurrimiento de agua pluvial.*
Minimizando la infiltración.
Disminuyendo la erosión.
- c) *Controlar el flujo de biogás.*
Dirigiendo el flujo hacia los pozos de captación.
Facilitando el monitoreo de la calidad del biogás.
- d) *Minimizar los posibles incendios.*
 - Confinando los materiales fáciles de incendiarse.
 - Controlando y disminuyendo la entrada de oxígeno.
- e) *Disminuir el impacto estético negativo al medio ambiente.*
 - Evitando la dispersión de papeles.
 - Controlando los malos olores.
 - Estableciendo una apariencia agradable del sitio.
- f) *Operar adecuadamente durante la clausura de otras zonas.*
 - Facilitando el acceso y tránsito de vehículos, así como la facilidad de trabajo en época de lluvias.
 - Creando zonas para la construcción de obras provisionales (oficinas, campamentos, etc.).
- g) *Soportar la cubierta vegetal.*
- h) *Minimizar la erosión por viento.*
- i) *Asegurar la estabilidad de los taludes.*
- j) *Evitar la saturación de los residuos sólidos.*

Como se mencionaba, el material de cubierta deberá cumplir ciertos requisitos mínimos para cumplir con las funciones citadas, de los cuales, los más importantes son:

- Coeficiente de permeabilidad: de 1×10^{-5} a 1×10^{-7} cm./seg.
- Transitable: contar con 0-10 % de finos y un 90-100 % de gravas o arenas.
- Ser compactable.
- Porosidad: 25 a 50 %.
- Localización: cerca del sitio.

Mantenimiento del Sitio.

En algunas ocasiones, sobre la capa de sello final de un Sitio no Controlado recuperado, se llegan a presentar ciertos problemas provocados por la acción de las lluvias y del viento, como por ejemplo: depresiones, grietas o erosiones. Es importante que en caso de que dichos problemas existan, se reparen lo más pronto posible para evitar que los residuos queden al descubierto y puedan provocar inconvenientes al medio ambiente. Los principales problemas que pueden presentarse y las acciones encaminadas a solucionarlos, son:

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

- *Depresiones.*

Las depresiones en este tipo de obras son comunes debido a la compactación natural que sufre la basura con el paso del tiempo, por lo que tiende a formarse en la cubierta final una depresión. Las acciones que deberán tomarse tienen como objetivo el evitar la acumulación del agua de lluvia y, por consiguiente, la infiltración de ésta a las capas de residuos.

Para realizar las reparaciones correspondientes, se llevará a cabo el siguiente procedimiento:

- ⇒ Escarificar con pala, rastrillo o zapapico el área afectada a la profundidad de 10 cm. En caso de que sea un área extensa, puede usarse la escarificadora de la moto niveladora.
- ⇒ Colocar material de cubierta en capas de 40 cm. como máximo y, compactar cada capa con material húmedo hasta lograr la superficie original.

- *Grietas.*

Se originan por efecto de los cambios de temperatura o por la mala calidad del material de cobertura. El procedimiento de reparación es el siguiente.

- ⇒ Se descubrirá a cada lado de la grieta 20 cm. aproximadamente y, a la profundidad que tenga la misma. Posteriormente se humedecerá.
- ⇒ Se colocará material de cubierta húmedo y se procederá a compactar con pisón de mano hasta llegar a la superficie original.

- *Erosiones.*

La erosión se debe tanto a la acción de la lluvia como del viento. Este fenómeno provoca que en taludes y terraplenes del sitio, queden al descubierto los residuos sólidos. El procedimiento de reparación es el siguiente:

- ⇒ Escarificar 10 cm. en la zona erosionada, ya sea con maquinaria o con herramienta manual.
- ⇒ Se deberá humedecer el área erosionada.
- ⇒ Se hará la reparación con material de cubierta hasta llegar a la superficie original.

- *Caminos Interiores.*

Los caminos interiores son las arterias vitales para lograr un eficiente mantenimiento del sitio, por lo que siempre deberán de ser transitables. Para lograr una buena vialidad, se deberá realizar un mantenimiento constante basado principalmente en las consideraciones siguientes:

- ⇒ Se deberán de rellenar los baches para luego compactar con pisón de mano.
- ⇒ Se efectuará periódicamente el riego de los caminos con aceite quemado o agua tratada, para evitar la generación de polvo.
- ⇒ Las cunetas de los caminos deberán estar siempre libres de rocas, arena o residuos para evitar su azolvamiento.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

Monitoreo Ambiental.

Para asegurar la adecuada operación de los sitios de disposición final, la *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003* indica, en su sección 7.11, que “*Se deberá instrumentar un programa que incluya la medición y control de los impactos ambientales, además del programa de monitoreo ambiental de dichos sitios, y conservar y mantener los registros correspondientes:*”

- **Monitoreo de biogás:** Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás que tenga como objetivo, conocer el grado de estabilización de los residuos para proteger la integridad del sitio de disposición final y detectar migraciones fuera del predio. Dicho programa debe especificar los parámetros de composición, explosividad y flujo del biogás.
- **Monitoreo de lixiviado:** Se debe elaborar un programa de monitoreo del lixiviado, que tenga como objetivo conocer sus características de Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y metales pesados.
- **Monitoreo de acuíferos:** Los programas de monitoreo deben contar con puntos de muestreo que respondan a las condiciones particulares del sistema de flujo hidráulico, mismo que define la zona de influencia del sitio de disposición final. Los parámetros básicos que se consideran en el diseño de los pozos son:
 - ⇒ Gradientes superior y descendente hidráulicos.
 - ⇒ Variaciones naturales del flujo del acuífero.
 - ⇒ Variaciones estacionales del flujo del acuífero.
 - ⇒ Calidad del agua antes y después del establecimiento del sitio de disposición final. La calidad de referencia estará definida por las características del agua nativa.

Además, en la misma Norma pero dentro del apartado 8, se enuncian los “*Requisitos mínimos que deben cumplir los Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, tipo D (menos de 10 toneladas diarias):*”

- Cualquier actividad de separación de residuos en el sitio de disposición final no deberá afectar el cumplimiento de las especificaciones de operación contenidas en la presente Norma, ni significar un riesgo para las personas que la realicen. Si un municipio recibe diariamente en su sitio de disposición final menos de 10 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, y que por lo tanto corresponde a la categoría D, solo debe cumplir con los siguientes requisitos:
- Garantizar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-5} cm./seg., con un espesor mínimo de un metro, o su equivalente, por condiciones naturales del terreno, o bien, mediante la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.
- Una compactación mínima de la basura, de 300 Kg./m³.
- Cobertura de los residuos, por lo menos cada semana.
- Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.
- Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

- Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.

A continuación se establecen los lineamientos y criterios generales para que esta actividad se efectúe como una operación especializada, para asegurar que los controles ambientales implementados en los sitios rehabilitados, funcionen adecuadamente; o bien, detectar oportunamente problemas de contaminación ambiental derivados por la degradación de los residuos sólidos.

Calidad del Biogás.

La producción del biogás que se genere por la biodegradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos, deberá monitorearse frecuentemente, debido a que cuando el gas metano contenido en el biogás alcanza una proporción del 5 al 15% en el aire, puede ocasionar una explosión o una combustión.

Por otra parte, de acuerdo con análisis efectuados en nuestro país y en el extranjero, existe a nivel traza una gran gama de compuestos orgánicos tóxicos asociados a efectos carcinogénicos cuando se tiene una constante exposición.

Otro efecto, de gran trascendencia, es la asociación del metano con el efecto de invernadero que contribuye a los cambios de temperatura a nivel mundial.

Para el caso del Monitoreo del Biogás, los pozos de construidos se rematan con un tubo de ExtruDak de 4", protegido en su base por un registro de 1x1x1 m. de tabique rojo recocido y losa de concreto armado.

Monitoreo de Lixiviados.

Para el monitoreo y control de lixiviados, se recomiendan hacer los siguientes estudios:

1. Materia Orgánica:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno del 5º día (DBO₅)
- Demanda Química de Oxígeno (DOO).

2. Parámetros Físicos:

- Conductancia Específica.
- Turbiedad.

3. Parámetros Químicos:

- Potencial Hidrógeno (pH).
- Alcalinidad total como CaCO₃.
- Cianuros (CN).
- Cloruros (Cl).
- Dureza total como CaCO₃.
- Fosfatos totales como P-PO₄⁺.
- Nitrógeno Orgánico como N-Org.
- Nitrógeno Amoniacal como N-NH₀⁺
- Sulfatos (SO₄).

"Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos".
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

- Cationes:
 - ⇒ Arsénico (As)^{+3,+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 indicadores Bacteriológicos:

- Bacterias Coliformes totales en NMP/100 ml.
- Bacterias Coliformes fecales en NMP/100 ml.

Clausura del Relleno Sanitario.

La clausura del relleno sanitario se efectúa cuando no es posible depositar más residuos sólidos en el sitio. Los planes de clausura deben ser congruentes con el uso final propuesto de suelo. Los planes de clausura deben ser desarrollados para reducir los impactos de los residuos sólidos y de sus subproductos a través de los años, por lo que se debe contemplar:

- Prevenir la infiltración de agua pluvial hacia el interior del relleno;
- Promover el drenaje del agua superficial hacia fuera del sitio;
- Prevenir la erosión de la cubierta final; y
- Prevenir la fuga incontrolada de biogás, dependiendo de las condiciones específicas del sitio.

Bases para la Clausura Final:

Para la clausura final de los sitios de disposición final, la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 establece en su apartado 9 los indicativos necesarios para dar por clausurado el sitio, así como el fin póstumo que brindará:

- **Cobertura Final de Clausura:** La cobertura debe aislar los residuos, minimizar la infiltración de líquidos en las celdas, controlar el flujo del biogás generado, minimizar la erosión y brindar un drenaje adecuado. Las áreas que alcancen su altura final y tengan una extensión de dos hectáreas deben ser cubiertas conforme al avance de los trabajos y el diseño específico del sitio.
- **Conformación final del sitio:** La conformación final que se debe dar al sitio de disposición final debe contemplar las restricciones relacionadas

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.

Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: **Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.**

con el uso del sitio, estabilidad de taludes, límites del predio, características de la cobertura final de clausura, drenajes superficiales y la infraestructura para control del lixiviado y biogás.

- **Mantenimiento:** Se debe elaborar y operar un programa de mantenimiento de posclausura para todas las instalaciones del sitio de disposición final, por un periodo de al menos 20 años. Este periodo puede ser reducido cuando se demuestre que ya no existe riesgo para la salud y el ambiente. El programa debe incluir el mantenimiento de la cobertura final de clausura, para reparar grietas y hundimientos provocados por la degradación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como los daños ocasionados por erosión (escurrimientos pluviales y viento).
- **Programa de monitoreo:** Se debe elaborar y operar un programa de monitoreo para detectar condiciones inaceptables de riesgo al ambiente por la emisión de biogás y generación de lixiviado, el cual debe mantenerse vigente por el mismo periodo que en el punto 9.3 de la presente Norma.
- **Uso final del sitio de disposición final:** Debe ser acorde con el uso de suelo aprobado por la autoridad competente con las restricciones inherentes a la baja capacidad de carga, posibilidad de hundimientos diferenciales y presencia de biogás.

Consideraciones de Clausura.

Generalmente los costos de clausura han sido ignorados en la planeación de los rellenos sanitarios. Desafortunadamente, las autoridades han descubierto muy tarde que la clausura de un sitio de disposición final puede ser muy cara y difícil de cumplir con los requerimientos mínimos. Para esta actividad deben ser alcanzadas dos metas básicas: La primera, la clausura deberá minimizar la necesidad de un adicional mantenimiento del sitio y la segunda, la clausura deberá equipar al relleno sanitario en una posición tal que evite en lo posible hasta los mínimos daños provocados por el impacto ambiental futuro.

A continuación se describen los lineamientos que se deben cumplir durante el proceso de clausura de un relleno sanitario.

- **Planeación preliminar**
 - ⇒ Revisión de los planos relativos a la topografía final del sitio.
 - ⇒ Preparar los planos de drenaje del sitio.
 - ⇒ Especificar las fuentes de material de cubierta.
 - ⇒ Preparar los planos de cubierta vegetal y del paisaje del sitio.
 - ⇒ Identificar la secuencia de cierre para la fase de operación.
 - ⇒ Especificar los procedimientos de ingeniería para el desarrollo de obras complementarias.
- **Tres meses antes de la clausura.**
 - ⇒ Revisar los planos de clausura para complementarlos.
 - ⇒ Preparar las cédulas de registro del cierre.
 - ⇒ Preparar la calendarización final de las actividades de clausura.
 - ⇒ Notificar a la institución reguladora.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

- ⇒ Notificar a los usuarios del sitio (municipio y/o privados).
- **En la clausura**
 - ⇒ Levantamiento de un cercado o estructuras adecuadas para limitar el acceso.
 - ⇒ Colocar un letrero en donde se indique que el sitio esta clausurado y la localización del nuevo sitio para la disposición de los residuos sólidos.
 - ⇒ Colectar los materiales ligeros que se encuentren dispersos en el lugar y colocarlos en la última celda y cubrir.
 - ⇒ Cubrir con material aquellas zonas con residuos descubiertos.
- **Tres meses después de la clausura.**
 - Terminar las obras de drenaje.
 - Terminar las obras de control de biogás y lixiviados, así como de monitoreo de agua subterránea y biogás.
 - Instalación de dispositivos para la detección de hundimientos.
 - Instalar el espesor requerido de material de cubierta sobre el relleno sanitario.
 - Establecer la cubierta vegetal.

Mantenimiento de Largo Plazo (Postclausura).

El mantenimiento de largo plazo de un relleno sanitario clausurado estará en función del uso final del sitio. Además la mayoría de estos sitios tienen algunos sistemas de control y monitoreo de biogás y lixiviados que requerirán una continua atención después de haber sido clausurado el sitio. El monitoreo de agua subterránea debe ser también considerado dentro del diseño para checar el funcionamiento de los sistemas de control de lixiviados. Otros factores que requerirán un grado de atención continua, son las instalaciones de control del drenaje y el control de la erosión.

Es importante señalar que los cuidados en la etapa de posclausura de un sitio de disposición final, en países desarrollados, esta sujeta de a una estricta regulación y en la etapa de planeación (diseño y financiamiento) se incluye el aspecto de la posclausura. El periodo de la posclausura abarcará como mínimo un periodo de 30 años.

Sistemas de Control de Biogás.

Los sistemas de control del biogás pueden ser activos o pasivos, los sistemas pasivos como se sabe facilitan el escape del gas hacia la atmósfera por medios naturales, mientras que los activos utilizan un sistema de succión para la extracción del biogás, requiriéndose para ello de instalaciones más complejas, tales como el uso de una red de tuberías, sopladores, bombas, quemadores, entre otros, y cuyos elementos requieren de un mantenimiento periódico. En la red de captación puede necesitarse la remoción de condensados y hacer la reparación de daños provocados por los asentamientos diferenciales. La disposición de los condensados puede estar sujeta a un control especial.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Sistemas de Colección de Lixiviados.

Los sistemas de colección de lixiviados de un relleno sanitario requerirá una atención continua cuando éste sea clausurado. Este tipo de sistemas deben recibir un mantenimiento efectivo para asegurar su adecuado funcionamiento. Este mantenimiento contempla la limpieza anual de la tubería de conducción de lixiviados, la limpieza de los tanques de almacenamiento y la inspección, limpieza y reparación de bombas. El lixiviado colectado necesariamente será dispuesto adecuadamente ya sea en el mismo relleno sanitario, a través de su recirculación, o de otra forma trasladarlo a una planta de tratamiento, para su posterior incorporación a una descarga. Se deberá mantener un registro para conocer la cantidad de lixiviados removidos. La cantidad de lixiviados variará con las estaciones del año y deberá ser cuidadosamente monitoreados para asegurar que efectivamente éste ha sido removido.

El tiempo requerido para realizar esta actividad es un tanto incierta y dependerá de las condiciones particulares de cada sitio. El éxito de un sistema de colección de lixiviados o de la efectividad de atenuación natural de un suelo en lo relativo al manejo de los lixiviados puede ser evaluado solamente con un sistema de monitoreo de agua subterránea. Por el contrario, en la construcción de futuros rellenos sanitarios, se espera que los sistemas de monitoreo de aguas subterráneas sean incorporados originalmente en sus propios diseños. El propósito de estos sistemas es para evaluar el funcionamiento y capacidad de las instalaciones para no contaminar los cuerpos de agua subterránea.

Sistemas de Monitoreo de Biogás y Lixiviados.

Los sistemas de monitoreo de biogás y lixiviados proveen de información valiosa acerca del relleno sanitario. En primer lugar, sirven para detectar algún problema lo más pronto posible e inmediatamente implantar acciones correctivas. En este sentido, el daño para el ambiente puede ser minimizado y los costos asociados al mismo serán también reducidos. Los datos del monitoreo pueden también ser usados para mejorar el diseño de los futuros rellenos sanitarios.

Aguas Superficiales y Asentamientos.

Frecuentemente los problemas de control del drenaje pueden repercutir en una erosión acelerada de un área en particular dentro del relleno sanitario. Los asentamientos diferenciales de las estructuras de control de drenaje pueden limitar su utilidad y pueden fallar con fuertes tormentas.

En los casos en donde los problemas de erosión son identificados o el sistema de drenaje necesita reparación, el mantenimiento debe llevarse a cabo inmediatamente para ayudar a prevenir daños severos. Las fallas en el mantenimiento de la cubierta del relleno, contribuirán incrementando las infiltraciones de agua pluvial dentro del relleno y eventualmente propiciarán la generación de cantidades considerables de lixiviados. Esto también agudiza los problemas asociados con la colección y disposición final de lixiviados.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO X: ***Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.***

Selección de Vegetación.

Las características deseables de la vegetación son:

- Raíces poco profundas
- Pasto de rápido crecimiento
- Resistencia del biogás
- Capacidad para soportar la falta de agua
- Que las raíces del pasto se extiendan horizontalmente sobre el área para prevenir la erosión.

Requerimientos para plantar Vegetación.

El pH deberá fluctuar en un rango de 5 a 8, si está arriba de 8 los elementos necesarios para el cultivo no deben de ser solubles. Si el pH es menor que 5 puede favorecer que dichos elementos sean tóxicos. En general el pH aceptable debe ser de 6.5. Los suelos ácidos (abajo de 7), pueden equilibrarse, agregándoles cal.

Los tres nutrientes principales para que se desarrolle la planta son: nitrógeno, fósforo y potasio. El desarrollo de la vegetación, depende de los resultados de las muestras del suelo, así como del tipo de cultivo.

El nitrógeno se encuentra en la materia orgánica y puede presentarse en forma amoniacal. El nitrógeno orgánico se encuentra combinado en la materia orgánica. El nitrógeno amoniacal es comúnmente utilizado, es altamente inestable y se volatiliza al contacto con el aire. Es muy importante que se utilice este fertilizante con mayor frecuencia, ya que proporciona a la planta una buena apariencia en cuanto a su color, además de ayudarle en su crecimiento.

La mayoría de los pastos necesitan entre 89 y 110 kilogramos de nitrógeno por hectárea por año, para mantenerse en buenas condiciones. Sin embargo con una cantidad de 45 a 55 kilogramos por año, puede ser suficiente para que se mantenga el pasto.

Si el suelo contiene una gran cantidad de materia orgánica, normalmente requiere más nitrógeno. El fósforo es el segundo elemento de los fertilizantes que se considera bueno para el crecimiento de las plantas. Normalmente son necesarios de 89 a 110 kilogramos/hectárea.

El potasio es el tercer elemento de los fertilizantes, bueno para el desarrollo de la planta, es más estable que el nitrógeno, no es rápidamente absorbido por el suelo. Aproximadamente se requiere entre 89 a 110 kilogramos/hectárea de potasio para estabilizar la vegetación. Para que la planta se mantenga en buenas condiciones, se debe aplicar entre 10 a 15 kilogramos de potasio y fósforo, dos a tres veces al año.

Control de Esguimientos en el Relleno Sanitario.

CÁPITULO X:
Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos.

El escurrimiento de líquidos sobre los taludes puede controlarse construyendo obras para drenaje, y mediante la estabilización de la vegetación. Las obras de drenaje además de captar los escurrimientos, disminuyen la velocidad del agua y por ende reduce el problema que implica la erosión de los taludes. El control puede efectuarse de la siguiente manera:

- Construcción de diques y terrazas perpendiculares a la pendiente del talud.
- Colocación de alcantarillas de tubo metálico.
- Colocación de mezcla asfáltica., fibra de plástico.
- Estructuras para reducción de velocidad.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

CÁPITULO XI:
Normatividad Y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

11.1 ANTECEDENTES.

En la pasada década de los `60, derivada del acelerado desarrollo industrial surgió la conciencia del tema de la contaminación y de su impacto sobre la salud y el medio ambiente; se inicio entonces el desarrollo de políticas de atención a la salud pública y de protección del agua, el suelo y el aire, sin considerarse en ese momento al resto de los recursos.

El desarrollo del país generó un modelo de explotación intensiva de los recursos naturales, así como un desarrollo urbano industrial que no previó los efectos ambientales de los residuos que se generaron. En respuesta a esta situación y tratando de contrarrestar los problemas ambientales que el desarrollo poco controlado había provocado, el Gobierno Federal formuló, a partir de la época de los `70, una política de protección ambiental con un enfoque integral y reformó la Constitución Política de nuestro país para establecer sus bases jurídicas y administrativas.

Por lo tanto se modificó la *Ley Orgánica de la Administración Pública Federal*, estructurando varias dependencias del Poder Ejecutivo, para dar origen a la actual *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)*, con el fin de impulsar una política nacional de protección a los recursos naturales e incidir en el control de la contaminación, la perdida de ecosistemas y la biodiversidad.

Así mismo se crearon además, el *Instituto Nacional de Ecología (INE)* y la *Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)*, mediante estas la SEMARNAT ejercería sus atribuciones ambientales.

Con estas acciones se separaban las funciones administrativas y normativas de las funciones de inspección y vigilancia del cumplimiento de la Ley.

Lo anterior permitió que el 28 e enero de 1988 se publicara en el *Diario Oficial de la Federación* la *“Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)”* que tiene por objeto la protección, mejoramiento, conservación y contaminación que lo afecte; entre otros; sufriendo su última reforma en el 2006.

Así mismo el 8 de octubre del 2003 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la *“Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)”* con el objetivo de garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado, propiciar el desarrollo sustentable mediante la prevención, la valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación así como establecer las bases para:

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

- a. Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnología económica y social, los cuales se deben considerar en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la generación de residuos;
- b. Determinar los criterios que deberán ser considerados en la prevención y gestión integral de los residuos;
- c. Establecer mecanismos de coordinación en los 3 niveles de gobierno;
- d. Formular una clasificación básica para uniformar sus inventarios;
- e. Definir las responsabilidades de los productores, importadores, exportadores, comerciantes, consumidores y autoridades de los diferentes niveles de gobierno, así como los prestadores de servicios en el manejo integral de los residuos;
- f. Fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos;
- g. Fortalecer la investigación y desarrollo científico, así como la innovación tecnológica, para poder reducir la generación de residuos y diseñar alternativas para su tratamiento, orientadas a procesos productivos más limpios.

11.2 MARCO LEGAL VIGENTE.

- **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:** Indica el derecho a la salud, explotación, conservación y elaboración de leyes en materia ambiental, además de la prestación de servicios públicos prestados por los municipios.
- **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR):** Establece los mecanismos de coordinación que, en materia de prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de residuos, corresponden a la Federación, las entidades federativas y los municipios, bajo el principio de concurrencia.
- **Ley General de Salud:** Establece las disposiciones relacionadas al servicio público de limpia en donde se promueve y apoya el saneamiento básico, se establecen normas y medidas tendientes a la protección de la salud humana para aumentar su calidad de vida.
- **Normas Técnicas de Residuos Sólidos Urbanos: (NTRS) y Normas Oficiales Mexicanas (NOM).** Establecen la forma y procedimientos aplicables al manejo y disposición de residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos y de manejo especial.
- **Constituciones Políticas Estatales:** Dentro de los artículos referentes a los municipios, menciona las facultades que tienen los ayuntamientos para prestar el servicio de limpia pública.
- **Leyes Estatales de Protección al Ambiente:** Establecen disposiciones de observancia obligatoria para cada estado, teniendo como objetivo la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como los fundamentos para el manejo y la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos.
- **Ley Orgánica de los Municipios Libres:** Establecen las atribuciones de los ayuntamientos para nombrar las comisiones que atiendan los servicios públicos.
- **Reglamentos Municipales de Protección al Ambiente:** Indica los mecanismos que deberán de aplicar los municipios para cumplir los objetivos de conservación, protección y mantenimiento de los recursos naturales y del medio ambiente.
- **Bandos de Policía y Buen Gobierno Municipales:** Plantean el conjunto de normas y disposiciones que regulan el funcionamiento de la administración pública municipal.
- **Reglamentos de Limpia:** Regula específicamente los aspectos administrativos, técnicos, jurídicos y ambientales para la prestación de servicios de limpia pública.

11.3 LEYES EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

11.3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Nuestra Constitución Política establece conceptos relacionados con el cuidado del ambiente, los recursos naturales y de la salud pública en los siguientes artículos:

- **Art. 4:** Establece el derecho que toda persona tiene a proteger su salud, indica que los desequilibrios a los ecosistemas no deben afectar a la población ni a los individuos.
- **Art. 25:** Señala que el uso y la explotación de los recursos productivos deben hacerse cuidando la conservación de los mismos y la del medio ambiente.
- **Art. 27:** Establece la necesidad de conservar los recursos naturales y de prestar atención a los centros de población para preservar y restaurar el equilibrio.
- **Art. 73 sección XXIX-G:** Se refiere a la expedición de leyes en materia de protección al ambiente y de restauración del equilibrio ecológico.

11.3.2 Ley General de Salud.

Esta Ley reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona en los términos del Artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general. Es de aplicación en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social.

Esta ley esta integrada por los siguientes Títulos:

- **Título I:** Disposiciones Generales.
- **Título II:** Sistema Nacional de Salud.
- **Título III:** Prestación de los Servicios de Salud.
- **Título III Bis:** De la Prestación Social en Salud.
- **Título IV:** Recursos Humanos para los Servicios de Salud.
- **Título V:** Investigación para la Salud.
- **Título VI:** Información para la Salud.
- **Título VII:** Promoción de la Salud.
- **Título VIII:** Prevención y Control de Enfermedades y Accidentes.
- **Título IX:** Asistencia Social, Prevención de Invalidez y Rehabilitación de Inválidos.
- **Título X:** Acción Extraordinaria en Materia de Salubridad General.
- **Título XI:** Programas contra las Adicciones.
- **Título XII:** Control Sanitario de Productos y Servicios de su Importación y Exportación.
- **Título XIII:** Publicidad.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

- **Título XIV:** Donación, Transplantes y Pérdida de la Vida.
- **Título XV:** Sanidad Internacional.
- **Título XVI:** Autorizaciones y Certificados.
- **Título XVII:** Vigilancia Sanitaria.
- **Título XVIII:** Medidas de Seguridad, Sanciones y Delitos.
- **Transitorios.**

11.3.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para:

1. Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos.
2. Determinar los criterios que deberán de ser considerados en la generación y gestión integral de los residuos, para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud humana.
3. Establecer los mecanismos de coordinación que, en materia de prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de residuos, corresponden a la Federación, las entidades federativas y los municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
4. Formular una clasificación básica y general de los residuos que permita uniformar sus inventarios, así como orientar y fomentar la prevención de su generación, la valorización y el desarrollo de sistemas de gestión integral de los mismos.
5. Regular la generación y manejo integral de residuos peligrosos, así como establecer las disposiciones que serán consideradas por los gobiernos locales en la regulación de los residuos que conforme a esta Ley sean de su competencia.
6. Definir las responsabilidades de los productores, importadores, exportadores, comerciantes, consumidores y autoridades de los diferentes niveles de gobierno, así como de los prestadores de servicios en el manejo integral de los residuos.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

7. Fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológicos y económicos, y esquemas de financiamiento adecuados.
8. Promover la participación corresponsable de todos los sectores sociales, en las acciones tendientes a prevenir la generación, valorización y lograr una gestión integral de los residuos ambientalmente adecuada, así como tecnológica, económica y socialmente viable, de conformidad con las disposiciones de esta Ley.
9. Crear un sistema de información relativa a la generación y gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, así como de sitios contaminados y remediados.
10. Prevenir la contaminación de sitios por el manejo de materiales y residuos, así como definir los criterios a los que se sujetará su remediación.
11. Regular la importación y exportación de residuos.
12. Fortalecer la investigación y desarrollo científico, así como la innovación tecnológica, para reducir la generación de residuos y diseñar alternativas para su tratamiento, orientadas a procesos productivos más limpios.
13. Establecer medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones que correspondan.

Esta ley esta integrada por los siguientes Títulos:

- **Título I:** Disposiciones Generales.
- **Título II:** Distribución de Competencias y Coordinación.
- **Título III:** Clasificación de los Residuos.
- **Título IV:** Instrumentos de la Política de Prevención Y Gestión Integral de los Residuos.
- **Título V:** Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.
- **Título VI:** de la Prevención y Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.
- **Título VII:** Medidas de Control y de Seguridad, Infracciones y Sanciones.
- **Transitorios.**

11.3.3 Leyes Estatales y Municipales en Materia de Residuos Sólidos Urbanos.

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

Esta Ley es de observancia en el D. F., sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos así como la prestación del servicio público de limpia.

Así mismo, son de aplicación supletoria las disposiciones contenidas en otras leyes, reglamentos, normas y de más ordenamientos jurídicos relacionados con las materias que regulan la presente ley.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

En el Artículo 3º de esta Ley se plantean los siguientes conceptos:

- **XXXI. Residuos urbanos:** Los generados en casa habitación, unidad habitacional o similares que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los provenientes de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías públicas y áreas comunes, siempre que no estén considerados por esta Ley como residuos de manejo especial.
- **XXXII. Residuos Orgánicos:** Todo residuo sólido biodegradable.
- **XXXIII. Residuos Inorgánicos:** Todo residuo que no tenga características de residuo orgánico y que pueda ser susceptible a un proceso de valorización para su reutilización y reciclaje, tales como vidrio, papel, cartón, plásticos, laminados de materiales reciclables, aluminio y metales no peligrosos y demás no considerados como de manejo especial.
- **XXXIV. Residuos sólidos:** El material, producto o subproducto que sin ser considerado como peligroso, se descarte o deseche y que sea susceptible de ser aprovechado o requiera sujetarse a métodos de tratamiento o disposición final.

Esta ley de residuos sólidos del D. F., esta integrada por los siguientes Títulos:

- **Título I:** De las Disposiciones Generales.
- **Título II:** De la Competencia.
- **Título III:** De la prevención y minimización de la generación de los residuos sólidos.
- **Título IV:** Del Servicio Público de Limpia.
- **Título V:** De la valorización y composteo de residuos sólidos.
- **Título VI:** De las disposiciones complementarias de la restauración, prevención y control de la contaminación del suelo.
- **Título VII:** De las medidas de seguridad, sanciones, recursos de inconformidad y denuncia ciudadana.
- **Transitorios.**

11.4 NORMAS MEXICANAS APLICABLES.

11.3.1 Normas Técnicas de Residuos Sólidos.

11.3.1.1 Norma Técnica de Residuos Sólidos – 1 de Terminología.

La presente Norma Técnica establece un marco de referencia en cuanto a los términos más empleados en el ámbito de la contaminación del suelo, incluyendo sus definiciones.

Esta Norma esta integrada por los siguientes Apéndices:

1. Objetivo y Campo de Aplicación.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

2. Terminología.
3. Bibliografía.

11.3.1.2 Norma Técnica de Residuos Sólidos – 2 de Generación.

Esta Norma Técnica establece el método para determinar la generación per cápita de residuos sólidos municipales a partir de observaciones en campo. Para efectos de aplicación de esta Norma, los residuos sólidos municipales se subdividen en domésticos, que son los generados en casas habitación y en no domésticos.

Esta Norma esta integrada por los siguientes Apéndices:

1. Objetivo y Campo de Aplicación.
2. Referencias.
3. Definiciones.
4. Aparatos y Equipos.
5. Generación *per cápita* de Residuos Sólidos Domésticos.
6. Generación *per cápita* de Residuos Sólidos No Domésticos.
7. Bibliografía.

11.3.1.3 Norma Técnica de Residuos Sólidos – 3 de Muestreo – Método de Cuarteo.

Esta Norma Técnica establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

Para aquellos residuos sólidos de características homogéneas, no se requiere seguir el procedimiento descrito en esta norma.

Esta Norma esta integrada por los siguientes Apéndices:

1. Objetivo y Campo de Aplicación.
2. Referencias.
3. Definiciones.
4. Método de Cuarteo.
5. Marcado.
6. Informe de Campo.
7. Bibliografía.

11.3.1.4 Norma Técnica de Residuos Sólidos – 4 de Peso Volumétrico *In Situ*.

Esta Norma Técnica establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar en el que se efectuó la operación de "cuarteo".

Esta Norma esta integrada por los siguientes Apéndices:

1. Objetivo y Campo de Aplicación.
2. Referencias.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

3. Definiciones.
4. Descripción de la Operación.
5. Cálculo.
6. Bibliografía.

11.3.1.5 Norma Técnica de Residuos Sólidos – 5 de Selección y Cuantificación de Subproducto.

Esta Norma Técnica establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales.

Esta Norma esta integrada por los siguientes Apéndices:

1. Objetivo y Campo de Aplicación.
2. Referencias.
3. Definiciones.
4. Aparato y Equipo.
5. Selección.
6. Cuantificación.
7. Reporte.
8. Observaciones.
9. Bibliografía.

11.3.1.6 Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

El crecimiento demográfico, la modificación de las actividades productivas y el incremento en la demanda de los servicios, han rebasado la capacidad del ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad; por lo que es necesario contar con sistemas de manejo integral de residuos adecuados con la realidad de cada localidad. Por tal motivo y como parte de la política ambiental que promueve el Gobierno Federal, se pretende a través de la presente Norma Oficial Mexicana (NOM), la cual regula la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que los sitios destinados a la ubicación de tal infraestructura, así como su diseño, construcción, operación, clausura, monitoreo y obras complementarias; se lleven a cabo de acuerdo a los lineamientos técnicos que garanticen la protección del ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales, la minimización de los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y la protección de la salud pública en general.

La presente Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Esta Norma esta integrada por los siguientes Apéndices:

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

CÁPITULO XI:
Normatividad y Disposiciones Legales Aplicables a los Residuos Sólidos Urbanos.

0. Introducción.
1. Objetivo.
2. Campo de aplicación.
3. Referencias.
4. Definiciones.
5. Disposiciones generales.
6. Especificaciones para la selección del sitio.
7. Características constructivas y operativas del sitio de disposición final.
8. Requisitos mínimos que deben cumplir los Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, tipo D (menos de 10 toneladas diarias).
9. Clausura del sitio.
10. Procedimiento para la evaluación de la conformidad.
11. Cumplimiento.
12. Concordancia con normas internacionales.
13. Bibliografía.
14. Observancia de esta Norma.

CONCLUSIONES:

El diseño, planeación, programación y aplicación de un Ciclo Integral para el Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos traerá a las entidades que consideren pertinente ponerlo en práctica grandes beneficios. Algunos de ellos son enlistados a continuación:

- Crear y mantener un control estadístico de los pasos que integran el Ciclo.
- Conocer las necesidades de servicio de población a través de la cuantificación de la generación de los residuos.
- Crear fuentes de empleo para los diferentes pasos del Ciclo.
- Estar en la posibilidad de crear más mejores sistemas de almacenamiento, barrido, recolección y transporte de los residuos, mejorando la calidad de los servicios.
- Poder considerar más y mejores formas de manejar los residuos.
- Colocar a cada paso los elementos que mejor se acomoden a las necesidades que presente la comunidad.
- Reducir la generación de residuos a través de programas de enseñanza enfocados a la población, a los sectores productivos y los mandos gubernamentales.
- Promover un sistema de separación de los residuos desde su almacenamiento para facilitar los siguientes pasos y eficientar el servicio.
- Conocer y fomentar el reuso, recicla y aprovechamiento de los residuos que aún poseen un valor productivo.
- Poner en práctica diversos sistemas de tratamiento, que mejorarán la disposición final de los residuos, acorde a las posibilidades propias de la comunidad.
- Disponer los residuos sólidos en los lugares adecuados, con los métodos idóneos y con apego a las normas y leyes, para dañar en la menor medida de lo posible al medio ambiente.
- Reducción de los costos al tener un programa adecuado de manejo y control de los pasos y elementos que intervienen en el Ciclo.
- Apegarse a la normatividad Nacional, y cuando se requiere, a las Leyes Internacionales de la Materia.

Los beneficios para la población gracias a la aplicación de estas medidas repercuten en la disminución de la fauna nociva, de la mala imagen urbana, de la proliferación de enfermedades y de la reducción de los costos tanto de consumo como de los servicios, al aprovechar en mayor medida los desechos.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.

BIBLIOGRAFÍA:

- *“Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”*, H. Congreso de la Unión.
- *“Ley General de Salud”*, H. Congreso de la Unión.
- *“Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”*, H. Congreso de la Unión.
- *“Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal”*, H. Asamblea Legislativa del Distrito Federal.
- *“Normas Técnicas de Residuos Sólidos”, NTRS 1 a NTRS 9*. Secretaria de Desarrollo Social.
- *“Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial”*, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NORLEX Internacional S. A. de C. V.
- *“Basura y Desperdicios”*, The American Public Works Association. Ed. Prentice Hall Inc.
- *“Basura Urbana”*, J. López Gallardo, F. M. Vidal. Ed. Recogida Eliminación y Reciclaje.
- *“Manual de Dirección de Ingeniería Sanitaria”*, Gobierno del Distrito Federal.
- *“Manual Técnico de Generación de Residuos Sólidos”*, Secretaria de Desarrollo Social.
- *“Manual Técnico para el Diseño de Rutas de Recolección”*, Secretaria de Desarrollo Social.
- *“Manual Técnico para el Tratamiento y Reciclaje de los Residuos”*. Secretaria de Desarrollo Social.
- *“Manual Técnico para el Diseño, Construcción, Operación y Clausura de un Relleno Sanitario”*. Secretaria de Desarrollo Social.
- *“Residuos Sólidos Urbano”*, Ing. Raúl Salgado Caamaño.

“Ciclo para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
Juan Fernando Regato Robles.