



**Organización  
Panamericana  
de la Salud**

Oficina Regional de la  
Organización Mundial de la Salud

**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD



**SEMARNAT**

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO



# GUÍA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN MUNICIPIOS DE TAMAÑO PEQUEÑO Y MEDIANO

**DRA. PILAR TELLO ESPINOZA**  
**M EN I. NICOLAS CORDERO RIVERA**

**ELABORADO POR:**  
**ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL - AIDIS.**  
**MÉXICO, 2017**

**En la elaboración de la guía participaron:**

**Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental- AIDIS.**

Dra. Pilar Tello Espinoza

Presidenta de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental- AIDIS

M en I. Nicolás Cordero Rivera.

Asistente de la Presidencia y Grupo Técnico de Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental- AIDIS

La guía fue revisada y validada por:

**Secretaría de Salud**

Dr. Eduardo Jaramillo Navarrete

Director General de Promoción de la Salud

Dra. Adriana Stanford Camargo

Directora de Evidencia de Salud

Lic. Ignacio Nuñez Lemus

Jefe de Depto. De Gestión Intersectorial

Dra. Natalia Soriano Castro

Coordinadora de Estrategias Complementarias

**Comisión Federal de Protección Contra Riesgos Sanitarios – COFEPRIS**

Jorge Antonio Romero Delgado

Comisionado de Fomento Sanitario

Rogelio Tobón Camiro

Gerente de Desarrollo de Estrategias de Comunicación de Riesgos y Responsable del Programa “6 Pasos de la Salud con Prevención”

Pedro González Rodríguez

Técnico especializado de la Gerencia de Desarrollo de Estrategias de Comunicación de Riesgos.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT**

Ing. Luis Antonio Jiménez Jiménez

Director General de Fomento Ambiental Urbano y Turístico

Ing. Ricardo Ortiz Conde

Director de Gestión Integral de Residuos

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático - INECC**

Dra. María Amparo Martínez Arroyo

Directora General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Dr. J Víctor Hugo Páramo Figueroa

Coordinador General de Contaminación y Salud Ambiental

Dr. Arturo Gavilán García

Director de Investigación sobre Contaminantes, Sustancias, Residuos y Bioseguridad

Mtro. Miguel Ángel Martínez Cordero

Subdirector de Investigación sobre Sustancias y Residuos.

Ing. Tania Ramírez Muñoz

Jefa de Departamento de Estudios de Residuos.

**Organización Panamericana de la Salud – OPS/OMS**

Juan Manuel Sotelo

Representante a.i. de la OPS/OMS en México

Ing. Patricia Rodezno Segurado

Asesora Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental

**Edición:**

Enero 2018

## Contenido

Siglas.....	7
Prólogo .....	8
1. Introducción .....	9
2. Marco Institucional y Legal.....	10
3. Definición de Tamaño de Municipios .....	11
3.1. Municipios Pequeños.....	11
3.2. Municipios Medianos .....	12
4. Fortalecimiento Institucional.....	12
4.1. Recursos Humanos del Departamento.....	13
5. Clasificación de Residuos.....	15
6. Separación en la Fuente .....	18
6.1 Estrategia para la Separación de Residuos en la Fuente .....	19
6.2. Indicador de Medición y datos de la Separación en la Fuente .....	20
7. Manejo de Residuos Sólidos Urbanos .....	20
8. Barrido .....	21
8.1. Barrido Manual .....	22
8.2. Características de las calles y plazas .....	22
8.3. Determinación de la cantidad de barrenderos manuales .....	23
8.4. Recolección de residuos generado en el barrido.....	24
8.5. Materiales y equipos utilizados en el Barrido.....	24
8.6. Estrategias para el Barrido en los Municipios.....	26
9. Recolección y Transporte .....	28
9.1. Modelos de servicio de recolección y transporte.....	28
9.2. Tipos de vehículos .....	28
9.3. Frecuencia de Recolección y Transporte .....	30
9.4. Cobertura de recolección y transporte.....	31
9.5. Estrategia de Recolección y transporte de Residuos .....	31
9.6. Recolección diferenciada .....	31
9.7. Recolección y Transporte de Servicios y Eventos Especiales.....	32
9.8. Recolección para Zonas de Dificil Acceso .....	33
10. ESTACION DE TRANSFERENCIA .....	34



11. Reciclaje de Residuos Valorizables .....	35
10. Tratamiento de Residuos Orgánicos.....	37
10.1. Tratamiento de Residuos Orgánicos con Compostaje .....	37
10.2. Tratamiento de Residuos Orgánicos, con Biodigestor .....	39
12. Disposición Final de Residuos .....	40
12.1. Construcción del Relleno Sanitario .....	41
13. Capacitación y Difusión del Manejo de Residuos a la Población .....	45
Bibliografía.....	45
Glosario .....	47

## Imágenes

Imagen 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible enfocados al medio ambiente, de la Agenda 2030 de Naciones Unidas .....	9
Imagen 2. Tipo de manejo de separación de residuos desde la casa .....	18
Imagen 3. Puntos verdes para depositar residuos diferenciados.....	20
Imagen 4. Diagrama de la nueva gestión integral de residuos sólidos urbanos.....	21
Imagen 5. Diagrama de Flujo del manejo adecuado de los residuos para pequeños y medianos municipios .....	21
Imagen 6. Ejemplo de primer cuadro de la ciudad .....	22
Imagen 7. Ejemplo rutas de barrido y punto de encuentro para la recolección de los residuos .....	24
Imagen 8. Carros para barrido manual.....	25
Imagen 9. Tipo de escobas y palas que son utilizados en el sistema de barrido manual .....	25
Imagen 10. Tipo de rastrillos que son utilizados en el sistema de barrido manual.....	25
Imagen 11. Uniforme del personal del departamento de limpia .....	26
Imagen 12. Personal de barrido realizando su labor de barrido .....	27
Imagen 13. Personal de Barrido manual en punto de reunión para que el camión pase por los residuos. ....	27
Imagen 14. Vehículo Compactador de Carga Trasera .....	29
Imagen 15. Vehículo de Carga Lateral .....	29
Imagen 16. Servicio de Recolección Rural con moto.....	30
Imagen 17. Sistema de recolección rural con bicicleta.....	30
Imagen 18. Vehículo recolector con compartimientos separados. ....	32
Imagen 19. Modelos de puntos limpios .....	32
Imagen 20. Fotografías de Estaciones de transferencia de municipios pequeños o medianos. ....	35
Imagen 21. Proceso de Compostaje .....	38
Imagen 22. Pilas de degradación.....	39
Imagen 23. Biodigestores de Bolsa.....	40

## Tablas

Tabla 1. Tipo de Residuos Orgánicos .....	16
Tabla 2. Tipo de Residuos No Valorizables .....	16
Tabla 3. Tipo de Residuos Valorizables.....	17
Tabla 4. Porcentajes de residuos valorizables y costo por peso de residuos para municipios Pequeños y Medianos .....	35
Tabla 5. Ganancia mensual por residuos valorizables considerando los porcentajes de aprovechamiento. ....	36
Tabla 6. Clasificación de residuos de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 .....	40
Tabla 7. Características a evaluar del terreno que se pretende instalar el SDF antes de la construcción .....	42
Tabla 8. Estudios realizados al terreno elegido como SDF, previo a la Construcción.....	43
Tabla 9. Instalaciones que debe contar el SDF .....	43
Tabla 10. Procedimientos de Operación que debe contar el SDF .....	44

## Siglas

**COFEPRIS:** Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**Hab.** Habitante

**INECC:** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía

**LGPGIR:** Ley General para Prevención y Control de la Gestión Integral de los Residuos

**MIA:** Manifestación de impacto ambiental

**ODS:** Objetivo de desarrollo sostenible

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud.

**SDF:** Sitio de Disposición Final

**PET:** Teraftalato de Polietileno

**SEMARNAT:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**SSA:** Secretaría de Salud

**RME:** Residuos de Manejo Especial

**RP:** Residuos peligrosos

**RSU:** Residuos Sólidos Urbanos

## Prólogo

La elaboración de la ***“Guía de Lineamientos y Estrategias para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Municipios de Tamaño Pequeño y Mediano”***, se realizó por iniciativa de la representación de la Organización Panamericana de la Salud en México (OPS/OMS) en coordinación con la Dirección General de Promoción de la Salud (DGPS), de la Secretaría de Salud de México (SS), y con el apoyo técnico de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Federal de Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) con su Programa de Saneamiento Básico “6 Pasos de la Salud con Prevención”, con el fin de fortalecer esta tarea en los municipios del país y en especial en los que trabajan las acciones del Programa de Acción Específico de Entornos y Comunidades Saludables y los incorporados a la Red Mexicana de Municipios por la Salud.

Esta Guía se pone a disposición de las y los presidentes municipales, así como de las autoridades locales y el personal de los ayuntamientos, para: considerar un nuevo enfoque sostenible del servicio; incrementar los conocimientos sobre el tema del manejo de Residuos Sólidos Urbanos; implementar actividades y acciones para estimular el establecimiento de políticas públicas saludables; mantener entornos favorables a la salud y promover de estilos de vida saludables en los ayuntamientos. Asimismo, se pretende que los municipios realicen un diagnóstico de su sistema de manejo de residuos sólidos urbano y realicen realizar acciones de mejora.

Si bien es cierto, existen modelos de gestión de residuos sólidos en otros países, aplicarlos en nuestro país resultaría inapropiado o poco efectivo, por lo que esta Guía se elaboró con base en la normatividad nacional vigente y las condiciones que presentan los municipios medianos y pequeños en nuestro país.

La validación y la evaluación en campo, se realizó en dos entidades federativas que cuentan con el mayor número de municipios pequeños y medianos de acuerdo a su población. En esta tarea participaron personal de los Ayuntamientos de Actopan, Singuilucan y Zempoala en el estado de Hidalgo y del Municipio de Tecate, en Baja California; así como personal de los Servicios de Salud Pública de los estados mencionados, mediante la Coordinación Estatal del Programa Entornos y Comunidades Saludables en ambas entidades, bajo la conducción del personal de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)

## 1. Introducción

El tema de los residuos en toda población, comunidad o ciudad es un problema que tiene un alto impacto en la salud pública y en el medio ambiente de la zona. Al ser considerado un problema local, es el Gobierno Municipal quien debe asumir la responsabilidad de esta tarea, a pesar de que muchas de las veces no cuentan con el conocimiento, la experiencia, los recursos o el personal humano necesario, para manejar los residuos de forma eficiente.

Entre los principales problemas del mal manejo de los residuos en municipios pequeños y medianos, se encuentran la proliferación de enfermedades infecciosas, la contaminación del agua, la presencia de fauna nociva, el deterioro y degradación del suelo y la generación de gases de efecto invernadero.

Los daños a la salud que generan los residuos sólidos urbanos son, principalmente, las enfermedades intestinales, las de la piel, las transmitidas por vectores y las respiratorias entre otras.

La creación de esta Guía de Lineamientos para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Municipios de Tamaño Pequeño y Mediano, tiene como objeto establecer los criterios mínimos que se requieren en este tipo de municipios, para mejorar el manejo de residuos y sobre todo aprovechar mejor sus recursos económicos, humanos y de infraestructura para dar un buen servicio, y por ende coadyuvar en la mejora de la salud.

El 25 de septiembre de 2015, los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas, adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, con 17 objetivos y 169 metas para transformar nuestro mundo, de los cuales 6 están enfocados en el medio ambiente, estos son los objetivos 3, 6, 7, 11, 13, 14 y 15.



Imagen 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible enfocados al medio ambiente, de la Agenda 2030 de Naciones Unidas

El objetivo 3 establece que una de sus metas es lograr para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo, con esta guía se promueve el mejor manejo de los residuos y evitando la contaminación del medio ambiente.

Los objetivos 6, 11 y 14 están enfocados en garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todas y todos; lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; y conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible, respectivamente.

Las metas de estos objetivos, no se pueden cumplir, si no se reduce o elimina la cantidad de residuos que llegan a los ríos, mares u océanos, lo que ocasiona que se contaminen, así como que se obstruyan los drenajes provocando que salga el agua sucia a las calles, lo que genera malos olores y focos de infección y contaminación, problemas que se pueden solucionar con un adecuado manejo de los residuos en los Municipios.

Los objetivos 7 y 13 garantizan el acceso a una energía accesible, fiable, sostenible y moderna para todas y todos; así como adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático; esto es factible con el uso de los residuos como combustible alternativo o calor a lo que hoy se denomina valorización energética de los residuos, evitando así, que estos sean dispuestos en el suelo y generen gases efecto invernadero como el metano y el CO<sub>2</sub>.

## 2. Marco Institucional y Legal

La **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** en su **Artículo 115**, Fracción III, Inciso C, establece que: los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos de limpieza, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos. Los Municipios, previo acuerdo entre sus ayuntamientos, podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de las funciones que les correspondan.

La **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** dentro de su **Artículo 10º**, Fracción III y IV, establece que los municipios tienen a su cargo las funciones de controlar y prestar por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en recolección, traslado, tratamiento y disposición final, para lo cual en la Fracción V, se establece que tiene la facultad de otorgar las autorizaciones y concesiones de una o más de las actividades que comprende la prestación de los servicios del manejo integral de los residuos sólidos urbanos.

Para el caso de la Fracción X, de este mismo artículo, el municipio tiene la facultad de realizar el cobro por el pago de los servicios del manejo integral de los residuos sólidos urbanos y destinar los ingresos a la operación y el fortalecimiento de los mismos.

En esta misma Ley, en el **Artículo 9º**, Fracción VII, se faculta a las entidades federativas, para promover en coordinación con el Gobierno Federal y las autoridades correspondientes, la creación de infraestructura para el manejo integral de residuos sólidos urbanos, en su territorio, con la participación de los inversionistas y representantes de los sectores sociales interesados.



De acuerdo a lo establecido en este artículo, los sitios de disposición final y/o rellenos sanitarios que se instalen en los municipios, requieren autorización de impacto ambiental emitida por la Secretaría de Medio Ambiente, de la Entidad Federativa que le corresponda.

**Las normas oficiales mexicanas en materia de residuos sólidos urbanos** establecidas en México son las siguientes:

- **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.
- **NOM-004-SEMARNAT-2002**, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- **NOM-161-SEMARNAT-2011**, que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

Las instituciones que principalmente están relacionadas con el control o manejo de los residuos son:

A Nivel Federal

- La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Dependencia Federal)
- La Secretaría de Salud (Dependencia Federal)

A Nivel Estatal

- La Secretaría del Medio Ambiente de los Estados
- La Secretaría de Salud del Estado

A Nivel Municipal

- El Ayuntamiento de los Municipios
- La Dirección de Limpia y/o Aseo del Municipio

### 3. Definición de Tamaño de Municipios

#### 3.1. Municipios Pequeños

Se consideran municipios pequeños aquellos que cuentan con un rango poblacional de 15,001 a 50,000 habitantes dentro de su territorio. (EVAL, 2010)

En los municipios pequeños, de acuerdo a lo establecido por INEGI (2015), se cuenta en promedio con 41 escuelas primarias (300 máximo y 5 mínimo), 16 escuelas secundarias (80 máximo y 1 mínimo), 7 escuelas de nivel medio superior (27 máximo y 1 mínimo) y 1 escuela de nivel superior (8 máximo y 0 mínimo).

Los establecimientos de salud de primer nivel de atención son en promedio 10. (Salud, 2017)

En México, los municipios pequeños tienen una generación Per Cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) de 0.54 kg/hab/día, y se estima que la generación de residuos en este tipo de poblaciones, estaría en un rango de 8,100 kg/día a 27,000 kg/día.

El Informe de la Situación del Medio Ambiente en México de la SEMARNAT (2015), indica que el 52.4% de los residuos, son orgánicos (residuos de comida, jardines y similares). Se estima que para los Municipios Pequeños, la generación de residuos orgánicos está en un rango de 4,374 kg/día a 14,580 kg/día.

### **3.2. Municipios Medianos**

Se consideran municipios medianos aquellos que cuentan con un rango poblacional de 50,001 a 300,000 habitantes dentro de su territorio. (EVAL, 2010)

En municipios medianos de acuerdo a lo establecido por INEGI, se cuenta en promedio con 94 escuelas primarias (465 máximo y 18 mínimo), 37 escuelas secundarias (138 máximo y 7 mínimo), 20 escuelas medio superior (73 máximo y 2 mínimo) y 5 escuelas de nivel superior (47 máximo y 0 mínimo).

En promedio se cuenta con 20.5 establecimientos de salud, 9.5 de segundo nivel y 10 de tercer nivel. (Salud, 2017)

En México, los municipios medianos, tienen una generación Per Cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) de 0.75 kg/hab/día, y se estima que la generación de residuos en este tipo de poblaciones, estaría en un rango de 37,500 kg/día a 225,000 kg/día

En el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México de la SEMARNAT (2015) indica que el 52.4 % de los residuos son Orgánicos (Residuos de comida, jardines y materiales orgánicos similares). Se estima que para Municipios Medianos la generación de residuos orgánicos estaría en un rango de 19,650 kg/día a 117,900 kg/día.

## **4. Fortalecimiento Institucional**

Para lograr el fortalecimiento institucional de los Ayuntamientos en Municipios Pequeños y Medianos en materia de manejo de residuos sólidos urbanos, es necesario que se tenga un área (Departamento, Dirección, entre otros) de Limpia y/o Aseo Urbano, responsable de manejar las etapas de barrido, recolección y disposición final de los residuos. En algunos casos, existen Ayuntamientos que tienen estas funciones distribuidas en varias áreas (Departamento de Limpia, Dirección de Ecología, Dirección de Medio Ambiente y/o Dirección de Parques y Jardines principalmente), quienes a veces también se encargan del manejo del sitio de disposición final. Esta situación no es recomendable, por lo que es importante que se tengan las funciones y responsabilidades bien definidas para que éstas no se sobrepongan.

Las áreas podrán contar con:

1. Organigrama del departamento o entidades que manejan los residuos dentro del Ayuntamiento.

2. Relación del personal operativo, de supervisión y administrativo del departamento.
3. Relación de las rutas de barrido que tenga el Ayuntamiento, dentro de la zona urbana como de la zona rural.
4. Relación de rutas de recolección y transporte que comprenda la zona urbana y la zona rural, del territorio Municipal.
5. Relación de los Sitios de Disposición Final (SDF), sitios contaminados y tiraderos a cielo abierto, dentro del territorio del Municipio.
6. Relación de equipos y materiales del departamento.
7. Programa de mantenimiento, reportes de mantenimiento y reporte de resultados semestral de mantenimiento.
8. Programa de vacunación del personal operativo.
9. Ordenanzas, reglamentos o instrumentos legales en el Municipio, relacionadas con Manejo de Residuos.
10. Autorizaciones y documentos de comprobación de cumplimiento de la normatividad vigente aplicable referente al manejo de residuos.
11. Documentación para la selección, construcción, operación y clausura del SDF (Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Estatal, uso de suelo, programa de operación, bitácoras de control y vigilancia de biogás como lixiviados, etc.)

Toda esta información la debe tener clara, legible y a la mano el responsable del área o encargado del manejo de residuos del municipio, así como la gente de su confianza para poder demostrar el control administrativo que tiene esta área del Ayuntamiento.

#### 4.1. Recursos Humanos del Departamento

El personal administrativo básico para el departamento de limpia se recomienda sea el siguiente:

**4.1.1. Jefe del Departamento:** Persona encargada de administrar todo lo referente a la gestión de residuos dentro del territorio Municipal, como el cumplimiento de las condicionantes de todos los permisos y autorizaciones que se requieran para la operación del Sistema de Manejo de Residuos.

**4.1.2. Asistente de Administración:** Es la persona responsable de llevar el control de las actividades, de los documentos, las bitácoras y el registro, necesarios para la operación del sistema de limpia del ayuntamiento, por ejemplo:

- Un registro de cobros y pagos (en caso de tener cobro por el servicio)
- Mantenimiento de unidades
- Horas de trabajo del personal de limpia, relación de equipos y materiales
- Registro de entrega y reposición de uniformes
- Bitácora de control del combustible empleado por las unidades
- Registro de equipos en comodato y de los que pertenecen al municipio
- Rutas de recolección en domicilios, industrias, escuelas, mercados, etc.

**4.1.3. Personal de supervisión:** Este personal que no es exclusivamente operativo, también debe realizar actividades administrativas, como son la supervisión del servicio de barrido; la recolección y transporte de los RSU y la operación del relleno sanitario. En el caso de los municipios pequeños, un mismo supervisor puede realizar la labor de supervisar el servicio de barrido;

recolección y transporte; pero en el caso de los municipios medianos se recomienda que se tenga un supervisor por cada servicio.

- a. Supervisor de barrido: Es la persona encargada de revisar diariamente:
  - La asistencia y presentación del personal de barrido.
  - Verificar que todos cuenten con sus equipos y materiales limpios, completos y en buenas condiciones.
  - Suministrar equipo de protección personal, equipos y materiales.
  - Visitar las rutas para verificar la calidad del barrido y que se está cumpliendo con la cobertura planteada.
  - Verificar que las papeleras o botes de residuos municipales estén en buen estado.
  - Responder a la quejas de la población por el servicio de barrido.
  
- b. Supervisor de Recolección y transporte: Es la persona encargada de revisar diariamente:
  - La asistencia y presentación del personal de recolección y transporte.
  - Verificar que todos los equipos cuenten con combustible.
  - Verificar los vehículos que salen a dar el servicio mediante una lista de revisión.
  - Autorizar la salida de los camiones que estén limpios y en buenas condiciones.
  - Suministrar equipo de protección personal, equipos y materiales.
  - Visitar las rutas para verificar la calidad del servicio y que se está cumpliendo con la cobertura planteada.
  - Responder a la quejas de la población por el servicio de recolección y transporte.
  - En el caso de tener servicios especiales (ferias, tianguis, mercados, industrias, fiestas patronales, eventos masivos, etc.) también se encargará de verificar el buen servicio de estos.
  -
  
- c. Supervisor de relleno sanitario: Es la persona encargada de revisar diariamente:
  - La asistencia y presentación del personal de disposición final.
  - Verificar que todos los equipos cuenten con combustible.
  - Verificar los vehículos que salen a dar el servicio mediante una lista de verificación.
  - Autorizar la salida de los equipos que estén limpios y en buenas condiciones.
  - Suministrar equipo de protección personal, equipos y materiales.
  - Verificar la bitácora de entrada de vehículos recolectores, pesos y procedencia.
  - Verificar que se compacte y cubran los residuos diariamente.

**Anexo 1.** Lista de verificación de vehículos de recolección de residuos

**Anexo 2.** Lista de verificación para la operación del relleno sanitario.

#### **4.1.4. Personal operativo**

El personal operativo es el que se encarga del dar el servicio directamente, como son:

- **Barrenderos:** personal que se encarga de barrer calles plazas o plazuelas, áreas públicas y cumplir su ruta diaria, así como dejar el residuo en el punto indicado para que el servicio de recolección y transporte lo recoja.

- **Choferes:** encargados de manejar los vehículos, verificar el estado de estos antes de salir a ruta, cumplir con la ruta propuesta y llevar los residuos al SDF, al centro de acopio o a la estación de transferencia, si así fuera el caso.
- **Ayudantes generales de transporte:** personal que acompaña al chofer, ayuda a recoger las bolsas de residuo de la calle, o los depósitos que entrega la población en sus casas o establecimientos para depositar los residuos en el camión recolector. Puede haber 2 o 3 ayudantes por camión dependiendo del modelo recolección (carga lateral o carga trasera).
- **Operadores de maquinaria en SDF:** es el encargado de manejar los equipos compactadores, retroexcavadoras, camiones de volteo; es personal altamente calificado para trabajar con estos equipos en residuos.
- **Ayudante general de SDF:** es el personal encargado de estar en el área de descarga de los residuo dentro de la celda de disposición final, para indicar donde se deben colocar los camiones para que depositen los residuos y verificar que la descarga sea completa y no hay ningún incidente de seguridad, también se encargan de limpiar los caminos de papeles y plásticos que vuelan con el aire, limpiar la laguna de lixiviados (retirando residuos que salen con el lixiviado y retirando el lodo de la base de la laguna) y mantener limpios los accesos.
- **Vigilante del SDF:** es la persona que está en la puerta del SDF y se encarga de verificar que no entre fauna nociva, ni personas ajenas al personal que trabaja en el SDF.
- **Operador de báscula de SDF:** en el caso que el municipio lo tenga, se encargará de registrar la cantidad de residuos que marco la báscula al entrar y salir el camión de recolección y transporte de RSU.


Se recomienda que el responsable del área, que ha sido capacitado para administrar el Departamento de Limpia, se mantenga en su puesto y no sea rotado cada cambio de Gobierno Municipal, siempre y cuando de los resultados de eficiencia en el servicio.

El personal operativo (barrenderos, ayudantes, choferes, jardineros, etc.), deberá ser capacitado en sus actividades de trabajo rutinario, sobre temas de seguridad e higiene, además de empoderarlos en la importancia de su trabajo y de qué forma contribuyen a mejorar la imagen del Municipio. Se recomienda hacerlos partícipes de los nuevos modelos de manejo de residuos que se implementarán, como son: la separación de residuos desde la fuente de generación, la recolección y transporte diferenciada por días, la valorización de los residuos y la elaboración de composta a través de los residuos.

## 5. Clasificación de Residuos


De acuerdo al Artículo 15 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en México, los residuos se clasifican como Residuos Sólidos Urbanos (los residuos generados en las casas), Residuos de Manejo Especial (residuos voluminosos como refrigeradores, estufas, muebles, etc.) y Residuos Peligrosos (ácidos, inflamables, corrosivos, explosivos, etc.) y en el Artículo 18 se indica que los Residuos Sólidos Urbanos, se clasifican en **orgánicos (Tabla 1) e inorgánicos (Tabla 2 y 3)**. Las entidades federativas y/o los Municipios podrán **sub clasificar** los residuos inorgánicos para **finés de valorización**.

**Tabla 1. Tipo de Residuos Orgánicos**


Residuos Orgánicos	Tipo de Residuos	Foto
Alimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restos de Verduras</li> <li>- Restos de fruta</li> <li>- Cascaras</li> <li>- Alimentos echados a perder</li> <li>- Restos de carne</li> </ul>	
Jardinería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ramas</li> <li>- Hojas de árbol</li> <li>- Pasto cortado</li> <li>- Hierba</li> <li>- Residuos de jardín</li> <li>- Tierra</li> <li>- Árboles secos</li> <li>- Madera</li> </ul>	

Los residuos inorgánicos pueden ser sub clasificados No Valorizables (Tabla 2) (pañales, toallas higiénicas, papel de baño, uncel, y cualquier otro residuos que no tenga mercado en ese momento).

**Tabla 2. Tipo de Residuos No Valorizables**




Residuos No Valorizables	Tipo de Residuos	Foto
Sanitarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel de baño</li> <li>- Toallas femeninas</li> <li>- Pañales</li> <li>- Medicamentos</li> <li>- Material de curación</li> </ul>	



Residuos No Valorizables	Tipo de Residuos	Foto
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colillas de Cigarro</li> <li>- Recipientes de insecticidas domésticos</li> <li>- Trampas de animales rastreros</li> <li>- Ropa y Calzado</li> <li>- Envolturas metálicas</li> <li>- Residuos de oficina</li> <li>- Papel con pegamento</li> <li>- Papel encerado</li> <li>- Pilas</li> </ul>	

También pueden clasificarse en Valorizables (Tabla 3) (PET, Polietileno de Alta Densidad, Polietileno de Baja Densidad, vidrio, cartón, papel, madera, aluminio, material ferroso etc.).

**Tabla 3. Tipo de Residuos Valorizables**

Residuos Valorizables	Tipo de Residuo	Fotos
Plásticos	PET Botes Neumáticos Bolsas de plástico Cubetas de plástico Juguetes Tubos de plástico	
Metales	Latas Papel de aluminio Cubetas de metal Padecería de metal tubos	
Electrónicos	Computadoras Refrigeradores Televisores Celulares Impresoras Videocámaras	

Los residuos de manejo especial que se generan en las residencias son principalmente los residuos de gran volumen, como son refrigeradoras, muebles, colchones, macetas, cascajo que sale de algún arreglo de la casa, estos residuos no pueden ser recogidos en un servicio normal deben ser entregados a un servicio especial implementado por el municipio para este tipo de residuo.

En el artículo 23 de la Ley General para la Prevención y Control de la Gestión Integral de Residuos (LGEPGIR), se establece que los residuos peligrosos que se generen en los hogares en cantidades iguales o menores a las que generan los microgeneradores (plaguicidas, aerosoles, botes de pintura, medicamentos, tintas de impresoras, entre otros) al desechar productos de consumo que contengan materiales peligrosos, así como en unidades habitacionales o en oficinas, instituciones, dependencias y entidades, deberán ser manejados conforme lo dispongan las autoridades municipales responsables de la gestión de los residuos sólidos urbanos. Por lo tanto los RP generados por microgeneradores serán entregados al servicio de recolección y transporte con los residuos inorgánicos no valorizables.

## 6. Separación en la Fuente

La **separación en la fuente**, es la acción de seleccionar los residuos desde el momento de la generación ya sea en la casa, el comercio, las oficinas de gobierno, etc., para colocar los residuos en los botes identificados según el tipo de residuos: **Orgánicos, Valorizables y No Valorizables**, evitando que se mezclen después de su separación. En la Imagen 2 se muestra la forma de separar los residuos, en las casas o establecimientos.



Imagen 2. Tipo de manejo de separación de residuos desde la casa

La separación de los residuos se realiza con la finalidad de que los residuos valorizables no vayan contaminados y disminuya su valor comercial, también para mejorar el manejo de los residuos y evitar la generación de biogás y lixiviados en los rellenos sanitarios por la degradación de los residuos orgánicos.

## 6.1 Estrategia para la Separación de Residuos en la Fuente

Se proponen a continuación algunos puntos especiales a tomar en cuenta para lograr la separación en la fuente:

- Se debe tomar en cuenta el tipo de mercado que existe en el mercado para la compra y venta de residuos, si no existe este tipo de negocios lo que provocara será un sitio de acumulación de residuos provocando enfermedades y criadero de vectores.
- Crear un reglamento municipal, que establezca la separación de residuos desde la fuente como una obligación, en todo el territorio del municipio.
- Preparar el programa de Separación en la Fuente por tres tipos de residuos orgánicos, no valorizables y valorizables
- Capacitar al personal del servicio de limpia en la nueva estrategia y en la recolección diferenciada
- Realizar campañas de concientización a la población, sobre la separación de los residuos, desde la fuente como un tema prioritario de salud pública
- Realizar campañas de concientización en las escuelas del manejo de residuos
- Identificar las colonias de nivel alto y medio, con las cuales se iniciará el programa de separación en la fuente.
- Fomentar en la población, el uso de botes dentro de sus hogares para residuos orgánicos, residuos valorizables y residuos no valorizables, que faciliten la separación de los residuos desde el origen.
- Iniciar una campaña de separación de residuos en las escuelas de municipio. Establecer concursos de separación de residuos en las escuelas y entregar reconocimientos a estas escuelas.
- Implementar una campaña de separación de residuos en los edificios públicos de la ciudad.
- Efectuar campañas de manejo de residuos de manejo especial (electrónicos, chatarra, muebles, etc.) cada 3 meses
- Medir la eficiencia del programa de separación de la fuente, mediante indicadores (ver punto 6.2)
- Las zonas que tengan el servicio de recolección por contenedores, deben colocarlos diferenciados por tipo de residuos orgánico, valorizable y no valorizable, perfectamente identificados y cumplir con los horarios y frecuencias establecidas para la recolección (imagen 3).



Imagen 3. Puntos verdes para depositar residuos diferenciados.

## 6.2. Indicador de Medición y datos de la Separación en la Fuente

- a. El indicador propuesto es el siguiente:
  - Identificar las casas que cumplen con la separación en la fuente. Colocar número de viviendas que cumplen entre las que no cumplen. Se obtendrá un porcentaje que permitirá ver el avance del programa.

$$\frac{\text{Numero de Casas que cumplen}}{\text{Numero de casa totales}} \times 100\% = \text{Indicador de avance del programa}$$

## 7. Manejo de Residuos Sólidos Urbanos

El manejo de los RSU, comprenden las etapas de:

- a. Barrido
- b. Recolección y transporte
- c. Estación de transferencia
- d. Reciclaje de Residuos Valorizables
- e. Plantas de tratamiento de residuos orgánicos
- f. Disposición final

El manejo de los RSU debe contemplar la reducción de los residuos que se dispongan en el relleno sanitario y evitar la generación de gases efectos invernadero. En la imagen 4 se presenta un esquema que muestra como un adecuado manejo de RSU, puede permitir que se reduzca la cantidad de residuos que se disponen en un relleno sanitario.

## Gestión sostenible del Manejo de residuos SOLIDOS URBANOS

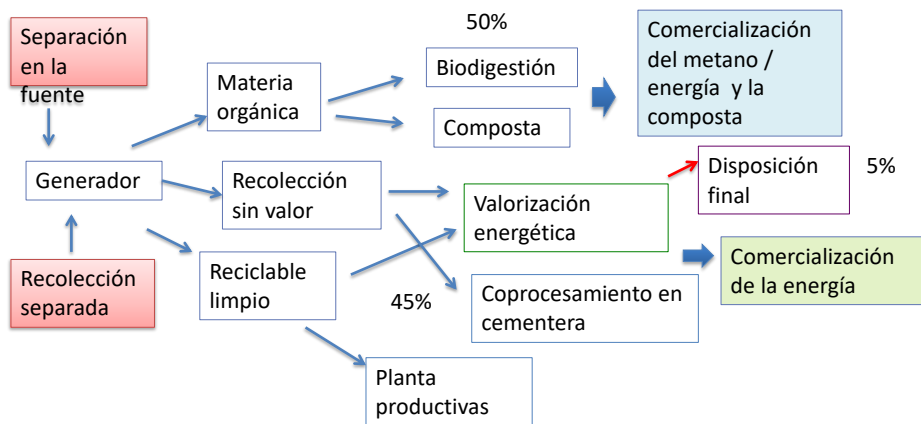


Imagen 4. Diagrama de la nueva gestión integral de residuos sólidos urbanos

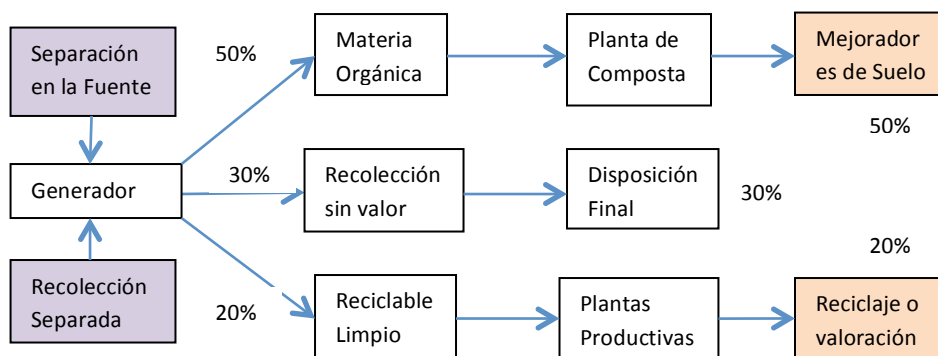


Imagen 5. Diagrama de Flujo del manejo adecuado de los residuos para pequeños y medianos municipios

De acuerdo a la LGPGIR en el Artículo 5 inciso X se define como *“Gestión Integral de Residuos: 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”*.

## 8. Barrido

El servicio de barrido puede ser realizado por medio manual o mecánico. El barrido manual es el realizado directamente por el personal que barre las calles, mientras que el barrido mecánico se realiza mediante equipos que aspiran los residuos o lavan las calles pavimentadas de una ciudad.

## 8.1. Barrido Manual

El servicio de barrido está dirigido principalmente a las partes urbanas con infraestructura básica y con calles pavimentadas. Generalmente el servicio se limita a las zonas centrales, áreas públicas y/o de mayor ocupación, y en algunos casos la limpieza y retiro de los residuos de los mercados. El personal responsable de esta etapa, barrerá de cada cuadra, la cuneta de ambos lado de la calle (imagen 12).

El procedimiento del servicio de barrido para los municipios pequeños y medianos es el mismo, en ambos casos es predominantemente manual, por el tipo de vías y recursos con los que se cuenta.

## 8.2. Características de las calles y plazas

En los municipios pequeños y medianos existen aproximadamente de 50 a 200 cuadras pavimentadas con un largo de 100 m de esquina a esquina, lo que representa de 5 a 20 km, de las cuales solo la zona centro representa el primer cuadro (imagen 6) con 90 cuadras (9 calles de largo por 10 calles de ancho).



Imagen 6. Ejemplo de primer cuadro de la ciudad

Para el barrido externo de los mercados, los tianguis, la totalidad de parques, jardines y/o plazas, se sugiere tener cuadrillas de por lo menos 2 personas para cada una de estos lugares. Este servicio se explica más adelante, en el apartado de Recolección y Transporte de Servicios y Eventos Especiales.



### 8.3. Determinación de la cantidad de barrenderos manuales

La eficiencia del barrido es muy variable, en México es de 0.6 a 2.0 km de calle/turno. El rendimiento del personal depende de la orografía, el clima, el grado de dificultad del barrido, y de la localización de la zona de barrido. (EVAL 2002)

Las personas de edad avanzada (sobre 45 años) tienen una eficiencia de barrido teórica de 0.6 a 1 km de calle/turno y las personas jóvenes de 1.5 a 2 km; sin embargo, se observó en los municipios pequeños y medianos visitados, que las personas de tercera edad, tenían eficiencias más altas, de 2 a 2.5 km de calle /turno.

Para determinar la cantidad de barrenderos que se necesitan, se requiere tener algunos datos especiales:

a. Determinar los kilómetros totales que se van a barrer:

- Cuantificar la cantidad de km lineales que tienen las calles principales pavimentadas, comenzando por la zona aledaña a la plaza principal, las escuelas, los mercados, los parques y jardines, los edificios públicos y los centros de eventos
- Decidir las vialidades de la ciudad que se van a barrer.
- Identificar los espacios públicos considerandos a barrer.

b. Determinar la cantidad de barrenderos que necesitan:

El rendimiento para los barrenderos es de 600 m (0.6 km) a 2000 m (2 km) de calle/turno, lo que equivale de 6 a 20 cuadras por turno (considerando cada cuneta de ambos lado de la calle, ya que las banquetas son barridas por los pobladores del Municipio).

Para determinar el número de barrenderos que se necesitan, se puede hacer de dos formas: por cuadras a barrer o por km lineales a barrer, se presenta a continuación las ecuaciones a utilizar:

1. Por número de cuadras a barrer:

$$\frac{\# \text{ de Cuadra a Barrer por Municipio}}{\text{Rango de 6 a 10 Cuadras por Barrendero}} = \# \text{ de Barrenderos}$$

2. Por número de km lineales a barrer

$$\frac{\text{Km lineales por Barrer en el Municipio}}{\text{Rango de 0.6 a 1.0 km por Barrendero}} = \# \text{ de Barrenderos}$$

## 8.4. Recolección de residuos generado en el barrido

La recolección de los residuos del barrido, consiste en que todos los barrenderos lleven sus residuos a un punto fijo, donde se le entregará a un vehículo del sistema de recolección y transporte de residuos, esto con la finalidad de evitar tener varios puntos donde se dejen bolsas y se acumulen los residuos (Imagen 7).

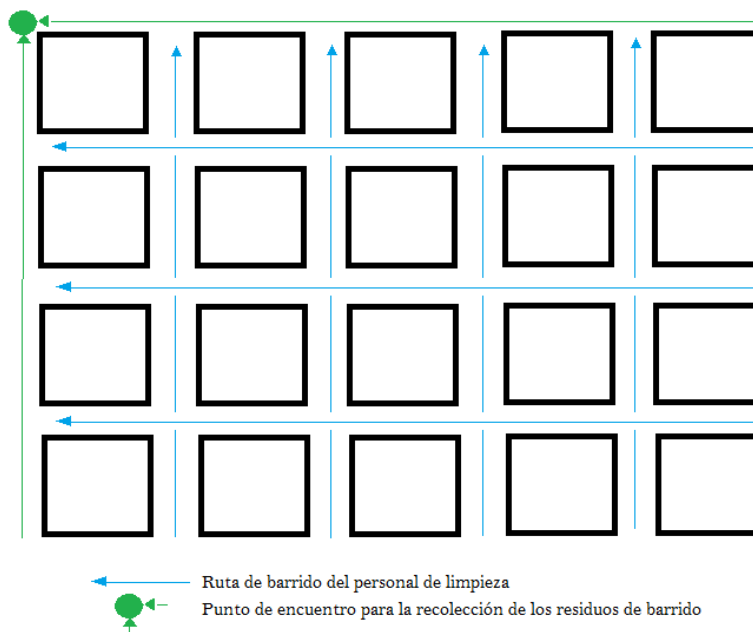


Imagen 7. Ejemplo rutas de barrido y punto de encuentro para la recolección de los residuos

Este servicio de barrido deberá contar con horario para hacer más fácil la evaluación al término del turno y establecer los horarios de recolección de los residuos generados por el barrido para evitar que se queden más tiempo en la calle.

## 8.5. Materiales y equipos utilizados en el Barrido

En la operación del barrido se requiere de herramientas y materiales para realizar la actividad como son: **escobas, palas, contenedores, bolsas para recoger los residuos, rastrillos**. El equipo utilizado en el barrido manual consiste en **carritos barrenderos**, constituidos generalmente por recipientes de 200 litros, a los que se les acondiciona un par de ruedas y accesorios que incluyen escobas y bolsas para el almacenamiento de los residuos barridos. Los carritos deben ser ligeros (plástico o metal) para facilitar su manejo de estos, en especial evitar que las personas ejerzan más fuerza en calles con pendiente o empedradas.

En las imágenes 8, 9 y 10, se muestran los modelos de carritos recolectores que se pueden usar y los materiales para realizar la actividad.



Imagen 8. Carros para barrido manual



Imagen 9. Tipo de escobas y palas que son utilizados en el sistema de barrido manual



Imagen 10. Tipo de rastrillos que son utilizados en el sistema de barrido manual

Se puede utilizar bolsas plásticas, para depositar los residuos generados en el barrido y entrégalo al sistema de recolección. También se pueden usar bolsas en el contenedor lo que permite retirar todo el residuo del carrito recolector, sin ensuciar este.

Parte importante es el **uniforme** de los trabajadores de barrido, se recomienda que tengan líneas fosforescentes o ser de color llamativo, para hacer notar a los trabajadores del entorno de la calle, ya que están expuestos a peligros de tránsito.

El uniforme (Imagen 11) debe ser: de algodón y manga larga. Además de dar buena imagen, los protege de contaminación, enfermedades y accidentes ocasionados por el manejo de los residuos, así como para evitar que esta contaminación llegue a sus hogares. También es importante dotar de **equipo de protección personal** para desempeñar su trabajo, como: guantes, gorras, botas y cubrebocas, principalmente.



Imagen 11. Uniforme del personal del departamento de limpia

## 8.6. Estrategias para el Barrido en los Municipios

Entre las principales estrategias para el área de barrido en los municipios pequeños y medianos, se encuentra:

- Dar prioridad a los barrenderos adultos mayores.
- Cambiar la mentalidad del personal de barrido y hacerles ver que son parte fundamental en el sistema de limpieza del municipio.
- Fomentar la participación de personal de barrido en actividades que permitan que los barrenderos en las calles sean **“Los Anfitriones de la Ciudad”** brindando información de puntos de interés de la ciudad a los transeúntes, esto generará entusiasmo en los trabajadores de barrido por la actividad.
- Establecer rutas de barrido por persona, que tome en cuenta las calles principales del municipio y sus áreas estratégicas.
- Establecer un horario y turnos de barrido que no pongan en riesgo a los trabajadores (altas horas de la noche o en horas donde el clima es inclemente).
- Establecer un supervisor que se encargue del personal de barrido.
- Establecer un programa de cuadrillas para barrido de eventos especiales y/o áreas especiales.
- Dotar de uniformes vistosos, que los distingan en las avenida de alto flujo de vehículos y los haga sentir destacados en su trabajo.
- Proporcionar carros contenedores vistosos, con imágenes del municipio, que les faciliten su trabajo a los barrenderos.
- Colocar papeleras o botes para residuos en las calles y avenidas principales, que puedan ser limpiados por los barrenderos.

- Limpiar las papeleras después de vaciar el contenido en el carrito o en el vehículo de recolección, con la finalidad de que se vean mal o se acumulen los residuos.
- Identificar y señalizar, las papeleras y botes de basura que se encuentran en las calles para que se puedan distinguir fácilmente.
- No permitir que se coloquen residuos de casas en las papeleras o botes de residuos de la calle, ni permitir que los barrenderos reciban los residuos de las viviendas, que se encuentren en sus rutas para ser depositados en sus carros recolectores.



Imagen 12. Personal de barrido realizando su labor de barrido



Imagen 13. Personal de Barrido manual en punto de reunión para que el camión pase por los residuos.

## 9. Recolección y Transporte

La recolección y el transporte de los residuos sólidos, constituye el aspecto más visible y al que la municipalidad le da mayor importancia en el proceso del manejo de los residuos, entre un 60 a 70% del costo total del servicio (Barrido, Recolección, Transporte y Disposición Final) se utiliza para la recolección y transporte de los residuos. (EVAL 2002).

Los puntos de recolección domiciliaria, generalmente son en las aceras de la calle o en contenedores de gran volumen ubicados en lugares estratégicos, como fraccionamientos o centros multifamiliares, los cuales se sugiere colocar máximo a cada 500 metros uno del otro.

Los servicios de recolección y transporte pueden ser realizados de forma convencional, cuando se recogen los residuos mezclados en el mismo viaje o de forma diferenciada, cuando se recogen los residuos separados desde la fuente y en el interior del vehículo no se mezclan.

### 9.1. Modelos de servicio de recolección y transporte

El servicio de recolección y transporte de residuos se puede dar de varias maneras, todo dependerá de los recursos con los que cuente el Ayuntamiento.

**Servicio directo por el ayuntamiento,** consiste en el que el ayuntamiento es quien realiza el servicio de recolección y transporte; con vehículos propios o rentados, pagando el mantenimiento, combustible, personal y demás gastos que se presentan derivados del servicio.

**Servicio mediante prestador de servicio,** consiste en el que el ayuntamiento contrate a una empresa o a una persona para que sea quien realice el servicio de recolección y transporte; con vehículos propios y quienes se encargaran del mantenimiento, combustible, personal y demás gastos que se presentan derivados del servicio. El ayuntamiento se encargara de supervisar que se cumpla con las rutas, frecuencias, y cobertura establecida. El ayuntamiento debe pagar por el servicio.

**Servicio a cambio de residuos valorizable.** La recolección y el transporte puede ser realizada por personas ajenas al ayuntamiento que viven en el mismo municipio o no, que se comprometen a dar el servicio, usando sus propios medios (camión, camioneta, carreta, etc.) a cambio de recuperar todo el material valorizable como forma de pago. El residuo no valorizable es llevado al SDF que el ayuntamiento indique. Este tipo de servicio es más frecuente en Municipios Pequeños.

### 9.2. Tipos de vehículos

Es importante tomar en cuenta que los pequeños y medianos municipios esta integrados por más del 70 % de la población en zonas rurales y el 30 % se encuentra en zonas urbanas o las cabeceras municipales.

Se puede definir que las zonas rurales son los territorios donde existe una baja cantidad poblacional y sus principales actividades comerciales son la agricultura, ganadería y la pesca. Las zonas urbanas son los territorios densamente poblados donde sus actividades comerciales se diversifican en industrial, comerciales y de servicios.



### Zona Urbana

Los principales vehículos de recolección de residuos que se utilizan en los municipios pequeños y medianos son los camiones recolectores de carga trasera o de carga lateral.

Los **vehículos de carga trasera** (Imagen 14) deben tener una capacidad de carga de 5 a 6 Ton para los municipios pequeños, para los municipios medianos estos pueden tener una capacidad de hasta 10 ton o más, sin embargo, se debe tener cuidado, que los camiones no sean muy grandes, para tener una mejor movilidad en las calles. Estos equipos, trabajan con una caja de almacenamiento y una compactadora que se alimenta por la parte de atrás, la cual cuenta con una pala que deposita los residuos para su compactación dentro de la caja.

Los **camiones con carga lateral** (Imagen 15) tiene una capacidad de 3 Ton máximo y se llenan, como su nombre lo indica por lo lados. El camión cuenta con una caja, donde en muchos casos se encuentra un ayudante, que va depositando los residuos, que sus compañeros de piso le alcanzan, en el fondo de la caja, esto es una mala práctica que se convierte en insalubre y peligrosa. Estas cajas cuentan con un sistema de compactación, sin embargo en la mayoría de los casos este sistema no funciona o lo obstruyen para ir separando los residuos en la caja.



Imagen 14. Vehículo Compactador de Carga Trasera



Imagen 15. Vehículo de Carga Lateral

### Zona Rural

En muchas ocasiones, las zonas rurales son de difícil acceso, porque las calles presentan ciertas características, como ser chicas, no pavimentadas, de terracería o de piedra, con pendientes pronunciadas, que dificultan el acceso de grandes vehículos.

Para esta situación, se pueden usar  **motos o bicicletas que cuentan con una caja o canastilla integrada** donde se depositan los residuos. Este sistema tiene la finalidad de brindar el servicio de recolección y transporte a toda la zona rural de una forma barata, eficiente y que no requiere una gran inversión (Imagen 16 y 17).



Imagen 16. Servicio de Recolección Rural con moto



Imagen 17. Sistema de recolección rural con bicicleta

### 9.3. Frecuencia de Recolección y Transporte

La frecuencia de la recolección, es la cantidad de veces que se pasa por los residuos a una vivienda. Esta depende de factores como: el costo que genera el servicio de recolección, el consumo de combustible de los vehículos, la generación de residuos por parte de la población, las vías de acceso a los puntos de recolección, la cercanía al SDF, la disponibilidad de equipo y del personal para efectuar estas tareas.

La frecuencia recomendada es 2 a 3 veces por semana, en zonas urbanas y mínimo 1 vez por semana en las comunidades rurales.

#### 9.4. Cobertura de recolección y transporte

La cobertura es la capacidad de dar servicio a toda la población del municipio y se determina de la siguiente manera:

- Zona Urbana con recolección mínima de 2 veces por semana

$$\% \text{ Cobertura Zona Urbana} = \frac{\text{Cantidad de casas en la zona urbana con ruta de recolección}}{\text{Cantidad total de Casas en la zona urbana en el municipio}} * 100$$

- Zona Rural con recolección mínima de 1 vez por semana

$$\% \text{ Cobertura Zona Rural} = \frac{\text{Cantidad de casas en la zona rural con ruta de recolección}}{\text{Cantidad total de Casas en la zona rural en el municipio}} * 100$$

La cobertura optima está entre el 95- 100%

#### 9.5. Estrategia de Recolección y transporte de Residuos

- Definir las rutas de recolección y transporte rural y urbana que cubran el 100% de la población
- Instalar la supervisión constante de las rutas de recolección de residuos, de las zonas rurales y urbanas
- Contar con el procedimiento de revisión diaria de los vehículos, el cual será realizada por parte del chofer
- Contar con un programa de mantenimiento anual
- Verificar que no se realicen pepena durante los recorridos, por parte del personal del servicio de recolección y transporte
- Prohibir que la población dé dinero al personal de recolección y transporte, si se ha establecido por el ayuntamiento, que el servicio es gratis
- Contar con un reglamento que establezca las sanciones a los que incumplen con la normatividad en el tema de recolección y transporte de servicio de limpia
- Instaurar un calendario de recolección, tanto en la zona urbana como en la zona rural por ruta de recolección

#### 9.6. Recolección diferenciada

La recolección diferenciada, no requiere de comprar vehículos nuevos, solo de establecer las rutas por día, para que los vehículos existentes puedan llevar de forma separada los residuos. (Imagen 18)



Imagen 18. Vehículo recolector con compartimientos separados.

La Recolección por día, consiste en definir los días de la semana que se recogen los residuos de acuerdo a su clasificación: Orgánicos, No Valorizables y Valorizables. Por ejemplo los residuos orgánicos se pueden recoger lunes, miércoles y viernes; los residuos no valorizables se pueden recoger los días martes, jueves y sábado; y los residuos valorizables pueden recogerse los mismos días que los no valorizables.

Los puntos verdes, se refiere a un sistema de recolección diferenciada, estos consiste en instalar lugares donde se tengan contenedores de mayor capacidad a los 200 L y que estén señalizados por tipo de residuo, lo que permite a la población depositar sus residuos de forma separada. Estos pueden estar ubicados en áreas de mayor flujo de población como son: parques, espacio del estacionamiento de los centros comerciales. Pueden ser de plástico, metal, etc.



Imagen 19. Modelos de puntos limpios

## 9.7. Recolección y Transporte de Servicios y Eventos Especiales

En los municipios pequeños y medianos, existen áreas que se consideran como especiales donde sus residuos deben ser barridos y recogidos por el personal de limpieza del municipio, estos lugares son públicos, mercados, tianguis, edificios públicos, etc.

Se deberán formar cuadrillas de barrenderos para este tipo de áreas, con la finalidad de evitar propagación de enfermedades, la formación de criaderos para vectores y la contaminación del

medio ambiente. El tamaño de la cuadrilla va de 4 a 6 personas y su tamaño depende de la magnitud del área.

Las cuadrillas de limpieza barrerán y juntarán los residuos para llevarlos a un punto, donde los camiones compactadores recogerán los residuos y evitar que se sigan acumulando. En caso de tener área de contenedores, esta será el área de concentración de todos los residuos que se junten.

En los municipios pequeños y medianos se suelen tener muchos eventos sociales (ferias, celebraciones religiosas, eventos políticos, reuniones, etc.), que se realizan en áreas públicas o en localidades del municipio, durante estos eventos, se llega a genera una gran cantidad de residuos. A estos se le conoce como Evento Especial y se deberá contar con una estrategia para el manejo de los residuos en estas situaciones, que necesita contar mínimo con los siguientes puntos:

- Establecer un programa de limpieza de eventos especiales, donde se cuente con el número de personas que conforman la cuadrilla (6 a 10 personas ) y los equipos a utilizar para la limpieza y recolección de residuos
- Contar con contenedores especiales para instalar en estos eventos, deberán estar rotulados, para que se puedan separar los residuos orgánicos, de los residuos valorizables y de los residuos no valorizables.
- Disponer de vehículos de volteo especiales para este tipo de eventos, que faciliten la limpieza y eviten que los residuos se queden por mucho tiempo.
- Evitar que se generen vectores (mosquitos, cucarachas, pulgas, moscas, alacranes, chinches) y fauna nociva (perros, ratas, gatos, entre otros) antes, durante y después del evento especial
- Fomentar la participación de los asistentes, para la separación de los residuos durante y después del evento especial

## 9.8. Recolección para Zonas de Difícil Acceso

Se ha observado que en muchos municipios, tanto en la zona urbana como en la zona rural, por la distribución de sus calles, por su localización en zonas escabrosas, por tener pendientes pronunciadas o de terracería, donde es difícil el acceso con vehículos automotores de gran peso o grandes dimensiones, se han creado sistemas de recolección de residuos, mediante métodos alternativos como son:

- Carretilla



- Carreta tirado por animales (caballos, burros o toros)





- Bicicleta con caja de recolección



- Motocicleta con caja de recolección



## 10. ESTACION DE TRANSFERENCIA

Las estaciones de Transferencia tiene un objetivo principal que es la de reducir la distancia entre los puntos de generadores de residuos, y los puntos de disposición final y/o plantas de tratamiento de residuos. Esto reduce costos de operación y mantenimiento de los vehículos.

Las plantas de transferencia constan de las siguientes instalaciones

- Bascula para pesar camiones
- Caseta de vigilancia y control de acceso
- Rampa de acceso a los vehículos a una plataforma elevada
- Cajas de 18 a 24 Ton para poder transportar residuos
- Patio de maniobras de camiones

Las estaciones de transferencia siempre deben estar limpias porque son lugares donde no se acumulan o almacenan residuos, en estos sitios solo pasan los residuos de un camión de menor capacidad a una caja de mayor capacidad. De esta forma los vehículos chicos podrán recorrer más colonias y dar el servicio a mayor número de gente. La distancia entre el punto de generación y el destino de los residuos debe ser mínimo de 30 km, si es menor a esta distancia ya no es recomendable instalar la estación de transferencia.



Imagen 20. Fotografías de Estaciones de transferencia de municipios pequeños o medianos.

## 11. Reciclaje de Residuos Valorizables

Es importante que todo municipio que considere realizar la valorización de residuos realice previamente un estudio de mercado para verificar que residuos con los que se necesitan recuperar, un estudio de caracterización de residuos para estimar la cantidad de residuos se podrán separar y valorizar; y una estimación de costos para verificar si es rentable o no la separación de residuos.

Los Residuos valorizables, son aquellos que pueden ser recuperados por que cuentan con un mercado para su venta con o sin tratamiento previo.

El Informe de la Situación del Medio Ambiente en México de la SEMARNAT (2015), indica que el 35.4 % de los residuos son valorizables (Papel, Cartón y otros productos de papel; Textiles, Plásticos, Vidrio, Aluminio, Metales Ferrosos y No Ferrosos), y solo se aprovecha un máximo del 10 % de estos residuos.

Se estima que para los municipios pequeños, la generación de residuos valorizables está en un rango de 2,835 kg/día a 9,450 kg/día.

Se estima que para medianos municipios la generación de residuos valorizables estaría en un rango de 3,750 kg/día a 22,500 kg/día.

La separación en la fuente y la separación de los residuos en puntos limpios, da como consecuencia que se pueda reciclar residuos limpios que tendrán mejores precios en el mercado del reciclado.

En la tabla 4 se muestra un porcentaje estimado de residuos valorizables generados en los municipios pequeños y medianos.

Tabla 4. Porcentajes de residuos valorizables y costo por peso de residuos para municipios Pequeños y Medianos

Tipo de residuos	%	\$/kg	Total
PET	4	5.00	\$6,800.00
PAD	6	4.00	\$8,160.00
PBD	9	5.00	\$15,300.00
CARTON	6	2.50	\$5,100.00



METAL	2	3.20	\$2,176.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$37,536.00</b>

Si el aprovechamiento de los residuos es del 100 % o del 10 % se podrá observar en las tablas siguientes para Municipios Pequeños y Medianos

**Tabla 5. Ganancia mensual por residuos valorizables considerando los porcentajes de aprovechamiento.**

<b>PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO (%)</b>	<b>Ganancia para municipios pequeños \$/mes</b>	<b>Ganancia para municipios medianos \$/mes</b>
100	900,864.00	1'454,160.00
50	450,432.00	727,080.00
20	180,172.80	290,880.00
10	90,086.40	145,416.00

Como se puede observar la ganancia es buena siempre y cuando se consigan buenos precios de comercialización y se entregue cada vez más el residuo limpio.

Los residuos valorizables serán almacenados y entregados a terceros autorizados para el reciclaje, procesamiento o tratamiento de residuos para ser reutilizados en otros procesos. Estos residuos dependiendo del material tendrán un valor, estos recursos que se obtengan de su venta podrán ser destinados al mantenimiento del sistema de limpia del Municipio.

Para el manejo de los residuos valorizables se recomienda hacer los siguientes pasos:

- Crear un reglamento que establezca el manejo de los residuos dentro de los municipios y se indique que residuos son Valorizables, No Valorizables y Orgánicos
- Realizar campañas de concientización en la comunidad del Municipio para fomentar la separación y valorización de los residuos
- Crear campañas, concursos y estrategias de educación ambiental en las escuelas y con la población con el tema de valorización de los residuos
- Identificar a las personas o pepenadores que se tienen dentro del territorio municipal y censarlos
- Crear estrategias de apoyo a los pepenadores para que trabajen en mejores condiciones y aprovechen los residuos valorizables
- Tratar de negociar precios con los industriales y recicladoras, directamente con el Municipio o con las cooperativas de pepenadores que se encuentren ya organizadas
- Establecer puntos de separación de residuos valorizables, en lugares estratégicos dentro del territorio del municipio
- Se deberá identificar los residuos valorizables que tienen mercado dentro o cerca del municipio
- Se deberán separar y almacenar los residuos que tengan valor en el mercado como son PET, Cartón, Plástico Duro, Plástico Laminado y Metal
- Si en el SDF cuenta con pepenadores, se recomienda negociar con ellos para que trabajen junto con el municipio y poder separar los residuos valorizables en un área adecuada
- Los residuos que son recolectados mediante la recolección diferenciada, deberán ser llevados al centro de almacenamiento y separados

- Se deberán contar con un área de almacenamiento para contener estos residuos, se recomienda que tenga una superficie techada para evitar las inclemencias del clima y puedan ser potenciales criaderos o faciliten el desarrollo de vectores
- Se recomienda que el Municipio sea quien negocie los residuos valorizables obtenidos, con los compradores de residuos
- Los recursos obtenidos por la venta de los residuos valorizables, se recomiendan sean utilizados para financiar el sistema de manejo de residuos y de tal forma disminuir los costos.

Los centros de acopio deben tener las siguientes características

- Contenedores que puedan almacenar los residuos que llegan al centro de acopio
- Patio de maniobras de camiones
- Contar con áreas señalizadas por tipo de residuo
- No realizar mezcla de residuos
- Mantener limpieza y el orden en el sitio
- No dejar acumular los residuos por más de 2 meses

## 10. Tratamiento de Residuos Orgánicos

Para realizar el tratamiento de los residuos orgánicos, es necesario que los residuos sean recolectados de forma separada ya sea de las casas (mediante separación en la fuente) o cuando se recolectan y transportan los residuos de los mercados donde se solicite que sean separados los residuos vegetales que son más propicios para la composta, así como los residuos de jardines y podas. En el caso de los residuos cárnicos de los rastros o mercados pueden ser tratados en digestores. En todos los casos la recolección y transporte deben ser diferenciada para evitar la mezcla.

Los residuos orgánicos al tener una degradación más rápida pueden ser tratados por degradación aerobia como la composta o por degradación anaerobia con digestores, esto depende de la cantidad y del tipo de residuo orgánico que puede ser tratado, como se presenta a continuación:

### 10.1. Tratamiento de Residuos Orgánicos con Compostaje

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (FAO, 2013).

La composta es un método de degradación de la materia orgánica de los residuos (Imagen 22), este proceso ocurre en una pila (montículo alargado) de residuos orgánicos colocados en el suelo, la materia orgánica compuesta por azúcares complejas (lignina, celulosa, hemicelulosa y almidón presentes en los residuos vegetales, especialmente) y proteínas (presentes en los residuos animales, principalmente), es atacada por microorganismos, quienes la descomponen para degradar a la materia orgánica. En esta transformación, se genera también biomasa, calor, agua, y materia orgánica más descompuesta o degradada, que se usa como mejorador de suelo.

Este proceso dura 90 días (60 días de degradación y 30 días de maduración), por lo que se deberá contar con un área para almacenamiento de los nuevos residuos orgánicos que van llegando para ser molidos y otra área para la colocación de los residuos molidos en las pilas que se van formando todos los días, además de un área que requerirá contar con mano de obra y maquinaria para estar moviendo, traspaleando y aireando las pilas de composta; al final la composta podrá ser utilizada para las áreas verdes del Municipio.

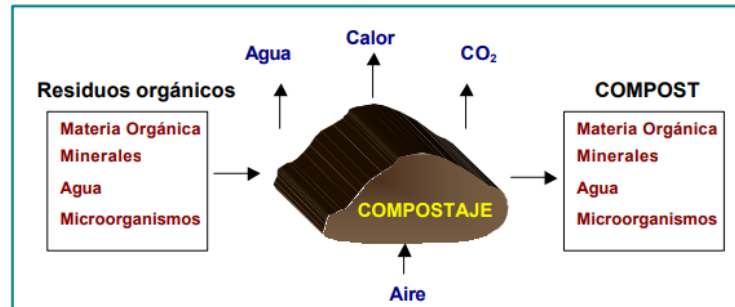


Imagen 21. Proceso de Compostaje

Procedimiento de Creación de Composta:

- Se deberá contar con un terreno de una superficie mínima de 0.5 Ha que este plano, que esté impermeabilizado y este bien compactado. Por ejemplo, suelos arenosos no son buenos para usarlos en los procesos de tratamiento de compostaje.
- Se deberá colocar los residuos orgánicos en pilas de una altura máxima de 1 m y de base 2 m, de largo puede ser lo que mida el terreno.
- Se procurará que los residuos sean finos, de un diámetro no mayor a 2 cm, de ser necesario los residuos tendrán que ser triturados o molidos.
- Se deberán airear las pilas de forma semanal, esto se logra volteándolas
- Se deberá monitorear la humedad, la pila de residuos deberá ser regada cada 3 días, no debe escurrir solo ser humedecida
- Se deberá monitorear la temperatura de forma semanal, debe mantenerse a 45 °C
- Se deberá trabajar la pila por 90 días, después de este periodo se puede considerar como composta los residuos degradados.

En el siguiente diagrama se muestra el ordenamiento de las pilas:



Imagen 22. Pilas de degradación.

## 10.2. Tratamiento de Residuos Orgánicos, con Biodigestor

Es importante tomar en cuenta si un municipio pequeño o mediano si decide instalar una planta de tratamiento de residuos orgánicos deberá asegurarse que reciba una cantidad mínima de 30 Ton/día de residuos orgánicos, si no llega a juntar esta cantidad, la planta no cumplirá con las características y estándares deseados. Si el municipio cuenta con un rastro, se pueden tratar en la planta de composta las vísceras y sangre de los animales, así como los animales enfermos o muertos en carreteras.

La digestión anaeróbica, es un proceso biológico que mediante degradación de materia orgánica por medio de bacterias se puede obtener biogás, lodos residuales, y lixiviados orgánicos. El biogás puede ser aprovechado como combustible en cocinas comunitarias, en cambio los lodos residuales y los lixiviados del digestor pueden ser utilizados como mejoradores de suelo en los campos de cultivo.

Los biodigestores pueden ser contenedores herméticos o celdas en el suelo cubiertas con bolsas de polietileno de alta densidad. Su capacidad dependerá de la cantidad de residuos orgánicos que se requieran degradar. Los digestores son utilizados principalmente para degradar los residuos orgánicos de origen animal, ya que son muy difíciles de degradar en una composta.

Este equipo deberá contar con entrada de alimentación, salida de biogás y salida de lodos. Se deberá mantener un nivel de agua dentro el digestor para conservar un ambiente idóneo para las bacterias que realizan la degradación de la materia orgánica.

Los biodigestores deben ser contruidos por personas expertas, debido a que deben calcular la cantidad de agua y residuos que se colocarán en el digestor. El municipio debe garantizar el terreno y el uso del biogás que se genere en cocinas populares o para el mismo rastro. El lodo que se genera en el biodigestor se puede utilizar como mejorador de suelo.

En la Imagen 24 se puede observar las partes del digestor de bolsa.

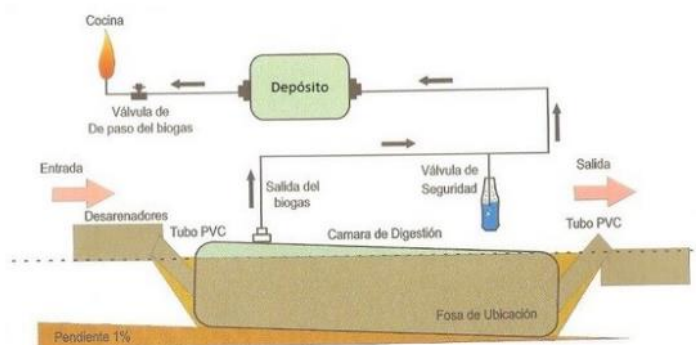


Imagen 23. Biodigestores de Bolsa

## 12. Disposición Final de Residuos

La disposición final, es el lugar donde se depositan los residuos que no tienen valor en ese momento para el municipio, que no tiene una forma de ser recuperados, tratados o transformados en otra materia prima o que por sus características deberán ir a estos sitios.

La disposición final debe cumplir con la NOM-083-SEMARNAT-2003 (que establece las 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).

Si se realiza una separación desde la fuente, la cantidad de residuos que se van a desechar en los Sitios de Disposición Final (SDF) será pequeña, por lo tanto, la infraestructura para disponer de los residuos será menor de acuerdo a lo que establece la NOM-083-SEMARNAT-2003. En el caso que no se tenga esta separación de residuos (valorizables, no valorizables y orgánicos), se deberá considerar que todo va al SDF, y por tanto se requerirá un SDF de mayores dimensiones.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que si hay pepenadores en los SDF, **no podrá ser considerado como relleno sanitario**.

La NOM-083-SEMARNAT-2003, establece tipos de SDF, dependiendo la cantidad de toneladas que disponen.

Tabla 6. Clasificación de residuos de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003

Tipo	Toneladas /Día
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

Se estima que los municipios pequeños generan en promedio 8.1 Ton/día a 27 Ton/día, por lo que conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003 se requiere contar con SDF tipo C o D, de acuerdo a la

clasificación que se indica en la Tabla 3. El tamaño puede disminuir, siempre y cuando se realice la separación en la fuente, lo cual permita reducir la cantidad de residuos que se tienen que disponer.

En el caso de los municipios medianos se estima que generan en promedio 37.5 Ton/día a 225 Ton/día por lo que conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003 se clasifican los Sitios de Disposición Final (SDF) en tipo A, B y C.

Entre los principales problemas encontrados en los SDF de los municipios pequeños y medianos; y que deben ser evitados y tratados, son:

- Existen pepenadores, niños, mujeres y ancianos, en el SDF trabajando en condiciones insalubres.
- En ocasiones, son los mismos pepenadores los que administran y operan el SDF
- No se cuenta con la información mínima para la selección del SDF requerida en la NOM-083-SEMARNAT-2003.
- No se cuenta con los estudios, autorizaciones y permisos para la construcción del SDF requeridos por la NOM-083-SEMARNAT-2003.
- No se cuentan con los programas, bitácoras y procedimientos para la operación del SDF requeridos por la NOM-083-SEMARNAT-2003.
- En los sitios cerrados, clausurados o que ya están llenos de residuos, no cuentan con el programa de cierre, clausura y saneamiento del SDF requerido por la NOM-083-SEMARNAT-2003.
- Falta de maquinaria para el acomodo, recubrimiento y compactación de los residuos durante la operación del SDF.
- Falta de recursos para diésel y mantenimiento de la maquinaria del SDF.
- Abundancia de perros en el SDF, que luego se vuelven salvajes y atacan a la gente que se encuentra en el SDF y pueden transmitir enfermedades o contaminar el ambiente
- Presencia de animales en el SDF (perros, vacas, cerdos, caballos, burros, etc.).
- Algunos de los terrenos utilizados como SDF, son rentados a particulares que en ocasiones suben sus cuotas, cierran el sitio o demandan al municipio por no tener un contrato.
- No se pesan los residuos antes de entrar al SDF, para saber qué cantidad de residuos se están depositando.
- No cuenta con los permisos y autorizaciones correspondientes para la operación del SDF (MIA Estatal, Uso de Suelo Estatal, Licencia de Funcionamiento, etc.).
- Falta de supervisión por parte de las autoridades del municipio en la operación del SDF
- Falta de áreas básicas para los SDF conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003 (caseta de vigilancia, cerca perimetral, drenajes pluviales, chimeneas de biogás, laguna de lixiviados, etc.).
- Existen botaderos a cielo abierto o quema de residuos, en las localidades del municipio más apartadas de la zona urbana, por la falta de servicio en recolección.

## **12.1. Construcción del Relleno Sanitario**

Una de las acciones prioritarias de cualquier Municipio que tenga un SDF debe ser la supervisión de la selección del sitio, de la construcción, de la operación y de la clausura del sitio; por lo que en esta guía, se mencionarán las actividades y acciones que deben ser vigiladas en cada una de las etapas.

La correcta operación de un relleno sanitario evita la contaminación de los residuos sólidos y los daños a la salud que generan estos, debido a que un mal manejo genera la proliferación de vectores, como moscas, cucarachas, ratas, etc., así como la formación de gases efectos invernadero como el Metano y el CO<sub>2</sub>, así como malos olores , formación de lixiviados.

#### **Relación de Equipos Mínimos que requiere un Relleno Sanitario**

- Un equipo compactador
- Una pipa
- Un equipo con pala frontal
- Una caseta de vigilancia
- Un cercado perimetral
- Material de cobertura de residuos
- Un sistema de impermeabilización sintético (geomembrana)
- Un sistema de impermeabilización natural (una capa de tepetate de 30 cm o un compactación de suelo que supera la prueba proctor estándar de  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg)
- Sistema de captación de lixiviados (drenaje y laguna de lixiviados)
- Sistema de venteo de biogás (chimeneas y quemadores de biogás)

#### **12.1.1. Selección del Sitio para la Disposición Final de Residuos**

La selección del sitio, es un paso importante para evitar la contaminación ambiental del sitio escogido. Se presenta a continuación los requisitos de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003, para los SDF tipo C y D que se deben evaluar:

**Tabla 7. Características a evaluar del terreno que se pretende instalar el SDF antes de la construcción**

Características del Sitio de Disposición Final	Tipos de SDF	
	C	D
Debe estar por lo menos a 13 km de un aeropuerto o aeródromo	X	X
Debe estar fuera de áreas naturales protegidas	X	X
Debe estar por lo menos a 500 m de la población más cercana	X	X
Debe estar fuera de zonas inundables (marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies, aluviales, fluviales, recarga de acuíferos)	X	X
Debe estar fuera de zonas arqueológicas en el sitio	X	X
Debe estar fuera de zonas de cavernas, fracturas o fallas geológicas	X	X
Debe estar cuerpos de agua superficiales a más de 500 m	X	X
Debe estar a pozos de extracción de agua a más de 500 m	X	X

#### **Estudios a realizar al terreno escogido como SDF**

De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003, las especificaciones de estudios a realizar depende del tipo de SDF, por lo tanto los estudios que se requieren son:



**Tabla 8. Estudios realizados al terreno elegido como SDF, previo a la Construcción**

Estudios	C	D
Topográfico	X	
Geotécnico	X	
Generación y composición de los RSU y de RME	X	

El relleno sanitario de tipo D no requieren ningún estudio previo de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003.

#### Permisos y trámites para el SDF

Una vez obtenidos estos estudios se pueden iniciar con la tramitación de los siguientes permisos y trámites:

- Estudio de Impacto Ambiental Estatal. Se tramita en la Secretaría del Medio Ambiente del Estado.
- Uso de Suelo del terreno escogido. Se tramita en el Municipio
- Licencia de Funcionamiento- Se tramita en el Municipio.
- Contrato de Arrendamiento del Terreno o Escrituras del Terreno a ser usado como SDF. Con el propietario del terreno.

#### **10.1.2. Construcción del Sitio de Disposición Final de Residuos**

Parte fundamental del SDF es su construcción, ya que es una obra de ingeniería que debe comprender los siguientes requisitos de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003.

La construcción se deberá realizar después de obtener los permisos y autorizaciones para su instalación y operación, la infraestructura mínima que debe tener el sitio es la siguiente:

**Tabla 9. Instalaciones que debe contar el SDF**

Instalaciones del SDF	C	D
Caminos de Acceso	X	X
Cerca perimetral	X	X
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X
Vestidores y servicios sanitarios	X	X
Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)	X	X
Drenaje de Lixiviados	X	
Chimeneas de Biogás	X	
Drenaje Pluvial	X	X
Área de Emergencia o de Temporada de Lluvias	X	

#### Impermeabilización de la SDF

Todos los SDF deben contar con una capa impermeable que evite que se infiltren en el subsuelo lixiviados y biogás, que se forman por la desintegración anaeróbica de los residuos orgánicos presentes, en los residuos no valorizables que se van a depositar en los SDF.

La NOM-083-SEMARNAT-2003 establece dentro del Inciso 7.1 que: *“Todos los sitios de disposición final, deben contar con una barrera geológica natural o equivalente, con un espesor de un metro y un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final; o bien, garantizarla con un sistema de impermeabilización equivalente.”*

Para los sitios de Tipo C, se recomienda que además de hacer una compactación del sitio hasta obtener una conductividad hidráulica de  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg, se instale una geomembrana de un calibre mínimo de 1.5 mm.

### **12.1.3. Operación del Sitio de Disposición Final de Residuos**

La operación del SDF puede ser concesionada o puede ser operada por el mismo municipio, pero en cualquiera de las dos modalidades, debe ser supervisada su operación. Esta supervisión siempre debe asegurar que se opera conforme a lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003 que se establecen a continuación.

**Tabla 10. Procedimientos de Operación que debe contar el SDF**

<b>Procedimientos de Operación</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Manual de Operación del SDF	X	
Registro de Ingreso de RSU y RME	X	
Registro de Ingreso de Materiales, Vehículos, Personal y Visitantes.	X	X
Registro de Monitoreo Generación y Manejo de Lixiviados y Biogás	X	
Programa de Control de Contingencias	X	
Informes mensuales de actividades de Operación del SDF	X	Semestral
Programa de Medición y Control de Impactos Ambientales	X	X
Registro de Monitoreo de Acuíferos (Aguas Arriba y Aguas Abajo)	X	
Registro de Recubrimiento de los Residuos de Forma diaria	X	Semanal
Control de Compactación de Residuos	400 kg/m <sup>3</sup>	300 kg/m <sup>3</sup>
Control de Fauna Nociva	X	X
Registro de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo	X	

Se puede observar, que dependiendo de la cantidad de residuos que genera cada Municipio se tienen diferentes requisitos para manejar un SDF de forma adecuada como lo marca la NOM-083-SEMARNAT-2003, por eso es importante la separación de los residuos desde el punto de generación, la recolección diferenciada y la no mezcla de los residuos; porque cumpliendo con estos 3 objetivos se puede reducir la cantidad de residuos que llegan al SDF y de esta forma aumenta la vida útil del sitio y los costos y requisitos para la operación del SDF son menos.

### 13. Capacitación y Difusión del Manejo de Residuos a la Población

La difusión de las nuevas políticas municipales sobre el manejo de residuos es fundamental y permitirán promover la concientización en las personas del municipio, sobre los problemas que puede causar el mal manejo de los residuos en la salud, el medio ambiente como en la forma de vida de la población del municipio. Para la difusión se recomienda:

- a. Campañas de separación en la fuente de origen.
- b. Ferias del reciclaje.
- c. Jornadas concientizando a la población sobre los problemas que ocasiona un mal manejo de los residuos sólidos a su salud.
- d. Corresponsabilidad de la población en la limpieza de sus banquetas y áreas públicas.
- e. Información a la población sobre la importancia de la separación de residuos sólidos.

Estas pueden realizarse durante eventos organizados por el Municipio como ferias, conciertos o fiestas patronales, para aprovechar la difusión y hacer conciencia en la comunidad mediante Talleres de Capacitación.

La Capacitación estará encaminada a:

- a. Orientar a la población sobre la importancia de la separación de residuos.
- b. Informar a la población sobre las enfermedades que pueden ocasionarse por un mal manejo de los residuos sólidos.
- c. Informar a la población sobre las nuevas disposiciones municipales para la eliminación de residuos sólidos.
- d. Talleres de compostaje.
- e. Manualidades con reciclaje.
- f. Taller de reciclaje a escuelas.

También es necesario realizar programas de Capacitación a los trabajadores de Limpia en barrido, recolección y disposición final para crear sentido de pertenencia en el servicio de limpia del municipio.

### Bibliografía

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- EVAL 2002, Informe de la Evacuación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina, 2002, OPS.
- EVAL 2010, Informe Regional del Proyecto “Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC 2010”, BID / AIDIS / OPS.
- INEGI 2015. Censo Intercensal. [www.beta.inegi.org.mx/](http://www.beta.inegi.org.mx/)
- FAO 2013, Manual de Compostaje del Agricultor, Experiencias en América Latina, FAO.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- 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.

- NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.
- Salud 2017, Catalogo Clave Única de Establecimiento de Salud (CLUES). Secretaria de Salud.
- SEMARNAT 2012, Diagnostico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2012, INECC / SEMARNAT.
- SEMARNAT 2015, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, SEMARNAT.

## Glosario

**Contaminante.** Todo elemento, materia, sustancia, compuesto, así como toda forma de energía térmica, radiación ionizante, vibración o ruido que, al incorporarse o actuar en cualquier elemento del medio físico, altera o modifica su estado y composición o afecta la flora, la fauna o la salud humana. Debe entenderse como medio físico el suelo, el aire y el agua.

**Degradación aerobia:** Es la descomposición de la materia orgánica introduciendo oxígeno, por medio de aireación.

**Degradación anaerobia:** Es la descomposición de la materia orgánica quitando el oxígeno, por medio de aislar el residuo orgánico a un espacio sin oxígeno.

**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.

**Generación.** Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

**Generador:** Persona física o moral que produce residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

**Gestión Integral de Residuos.** 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.

**Gran Generador.** Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Lixiviados.** Sustancia generada por la descomposición de los residuos sólidos urbanos y que tiene un alto nivel de materia orgánica, mal olor y alta concentración de metales pesados.

**Manejo Integral.** Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, 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.

**Microgenerador.** Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Pequeño Generador.** Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Plan de Manejo.** Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

**Puntos Verde.** Son lugares donde se ubican contenedores o jaulas para colocar los residuos que se entregan separados de acuerdo al tipo de residuo que se reciba. Estos se colocan en áreas públicas.

**Reciclado.** 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.

**Reciclaje.** Proceso mediante el cual ciertos materiales de los residuos se separan, recogen, clasifican y almacenan a fin de reincorporarlos al ciclo productivo como materia prima.

**Residuo.** Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

**Residuos de Manejo Especial.** Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

**Residuos Peligrosos.** Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

**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.

**Residuos Valorizables.** Son los residuos inorgánicos que tienen capacidad para ser comercializados directamente, a través de reciclaje, reuso, o por su capacidad energética.

**Residuos no valorizables.** Son los residuos inorgánicos que no tienen capacidad de ser comercializados en ese momento y deben ser dispuestos en un relleno sanitario.

**Reutilización.** El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación.

**Reúso.** Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado de la misma manera que antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

**Separación Primaria.** Acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos.

**Separación Secundaria.** Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados.

**Sitio Contaminado.** Lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas.

**Tratamiento.** Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad

**Valorización.** Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.