

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN**

**“PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS PLASTICOS  
(PET) GENERADOS EN EL INSTITUTO  
TECNOLOGICO DE MINATITLAN”**

**MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA:

*García Rusell Yazmín*



MINATITLÁN, VER.

JUNIO 2008

## ÌNDICE

<b>Introducción</b> -----	1
<b>Justificación</b> -----	3
<b>Objetivo general</b> -----	4

### **CAPÌTULO 1 “MARCO TEÓRICO”**

1.1 Antecedentes-----	6
1.2 Concepto y clasificación de residuos-----	15
1.3 Composición de residuos-----	17
1.4 Gestión integral de los residuos sólidos municipales-----	21
1.5 Generación de Plásticos-----	42
1.6 Reciclaje de plásticos-----	43

### **CAPÌTULO 2 “ESTADO DEL ARTE”**

2.1 Los envases PET-----	56
2.2 Gestión de los residuos de envases PET en países desarrollados-----	58
2.3 Gestión de los residuos de envases PET en países de América latina-----	61
2.4 Gestión de los residuos de envases PET en México-----	64

### **CAPÌTULO 3 “GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS (PET) EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN”**

3.1 Aplicación de las NMX-AA-015-1985 y NMX-AA-022-1985 en el Instituto Tecnológico de Minatitlán-----	70
3.2 Programa de concientización ambiental-----	73
3.3 Recolección de desechos plásticos en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Minatitlán-----	77

3.4 Construcción de un centro de acopio en el Tecnológico de Minatitlán-----	78
--	----

<b>Conclusiones-----</b>	<b>89</b>
--------------------------	-----------

<b>Recomendaciones-----</b>	<b>90</b>
-----------------------------	-----------

<b>Bibliografía-----</b>	<b>92</b>
--------------------------	-----------

<b>Anexos-----</b>	<b>95</b>
--------------------	-----------

## INTRODUCCIÓN

Las personas hoy en día generan grandes cantidades de residuos sólidos municipales, al punto tal que se ha convertido en un problema ambiental muy serio en la mayor parte de las ciudades del mundo. Por un lado el volumen de residuos parece crecer día a día y por otro las alternativas para disponerlos son muy cuestionadas por sus impactos sobre el ambiente.

Los residuos sólidos municipales no solo contaminan el ambiente, dan mal aspecto y producen malos olores. También son focos de infección y lugares de reproducción de bacterias, hongos y otros microorganismos; son también fuente alimenticia y de reproducción para cientos de roedores, los cuales son portadores de otros organismos, siendo vectores de ciertas enfermedades perjudiciales para el hombre.

Los residuos sólidos plásticos (RSP), forman parte de los residuos sólidos urbanos (RSU), que se generan en casas, comercios, instituciones y áreas públicas. La acumulación de RSP es un problema ambiental que, sin reciclar, reutilizar o reducir se desaprovecha su valor potencial. La creciente escasez de materias primas para la síntesis de plásticos, su recuperación y la protección del ambiente, son razones suficientes para su reciclaje.

El presente trabajo tiene por objeto exponer una propuesta de gestión adecuado a los residuos de envases PET generados en el Instituto Tecnológico de Minatitlán como una muestra de lo que puede realizarse para reducir el impacto que los envases PET producen al ser abandonados en tiraderos a cielo abierto.

En el primer capítulo se realiza una breve reseña histórica sobre la situación de los RSU en México y su marco legal. Se menciona la gestión integral de los RSU en México y por último la generación, características, tipos, codificación y tecnologías del reciclado de plásticos.

El segundo capítulo es dedicado a una reseña del inicio de los envases PET, así como también al manejo que se les da a los residuos de envases PET en países desarrollados, y la gestión que se le da en países de América latina y México. Así

mismo la participación de instituciones y escuelas que han contribuido al reciclamiento de envases PET.

El tercer capítulo abarca la propuesta de gestión de los envases PET en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, describiendo la metodología de las normas para cuantificar la cantidad de envases que se generan por día, el programa de concientización y de recolección de RSP, así como la ubicación, dimensiones y costos de la construcción del centro de acopio en las instalaciones del Tecnológico. Por último se plantea la propuesta de gestión de los envases PET sin tratamiento y con tratamiento, así como los costos y recursos humanos que se requiere.

## **JUSTIFICACIÓN**

La acumulación de RSP es un problema ambiental que, sin reciclar, reutilizar o reducir se desaprovecha su valor potencial. La creciente escasez de materias primas para la síntesis de plásticos, su recuperación y la protección del ambiente, son razones suficientes para su reciclaje. Es por ello la importancia de darle una gestión adecuada y consigo llevar a cabo un programa de concientización ambiental.

En el Instituto Tecnológico de Minatitlán se generan más de 1 tonelada al mes de plásticos PET, la mayoría de estos son depositados en los contenedores que a su vez son votados al tiradero de cielo abierto, es por esto la importancia de brindarles un manejo adecuado y puedan ser reciclados.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar la propuesta de gestión de los plásticos (PET) producidos en el Instituto Tecnológico de Minatitlán para mitigar los impactos al ambiente.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Recopilar y analizar la información sobre la problemática ambiental.
2. Aplicar las normas NMX-AA-015-1985, NMX-AA-022-1985, e interpretar los resultados.
3. Elaborar un programa de concientización ambiental.
4. Elaborar un programa de recolección de residuos de envases PET.
5. Situar la construcción del centro de acopio para los residuos de envases PET dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Minatitlán.
6. Analizar e investigar las dimensiones y costos del centro de acopio de envases PET dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Minatitlán.
7. Elaborar la propuesta de gestión de envases PET sin tratamiento y con tratamiento

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**



## 1.1 ANTECEDENTES

El control de los residuos sólidos municipales (RSM) generados por los habitantes del país se inició en la época precortesiana y la salud pública en México quedó legalmente sustentada el día 15 de Julio de 1891, fecha en la que se expidió el Primer Código Sanitario elaborado por el Consejo Superior de Salubridad.

A su vez, los primeros estudios relacionados con los RSM se realizaron hasta la segunda década del presente siglo, cuando la Comisión Constructora estuvo a cargo del Ing. Miguel Ángel de Quevedo, quién desarrolló estudios de pulverización de residuos sólidos para destinarlos a abono agrícola y estudios de saneamiento en varios barrios de la Ciudad de México.

Los primeros intentos por parte de la federación en el control de los RSM, se inician apenas en el año de 1964, cuando la Dirección de Ingeniería Sanitaria pasó a formar parte de la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, (CCISSA), con la finalidad de atender, a nivel nacional los programas de recolección y disposición de RSM, entre otras responsabilidades. Con este organismo da principio la incorporación de técnicas y métodos de ingeniería para tratar de solucionar el problema, cada vez más creciente, de los residuos sólidos.

La primera obra de gran magnitud para el control de los RSM, se realiza en la década de 1960, cuando en la Ciudad de Aguascalientes se diseña y opera el primer relleno sanitario del país, bajo la dirección de profesionales y técnicos de la CCISSA.

Al relleno sanitario de la Ciudad de Aguascalientes, le siguieron planes integrales de recolección y disposición de los RSM en las principales capitales de los estados de la república y en otras ciudades, que por su importancia, contaban con la asesoría necesaria para resolver este problema.

Este tipo de asesorías por parte del gobierno federal terminaron en el año de 1981, cuando CCISSEA se liquidó y las funciones de la parte de Ingeniería Sanitaria fueron absorbidas por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (SMA) de la misma Secretaría de Salubridad y Asistencia, creada en 1972.

En el Consejo Técnico de la SMA, se inició un programa a nivel nacional que duró de 1973 a 1976, con el apoyo de un crédito otorgado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Por medio de este programa, se proporcionó asesoría y se desarrollaron los proyectos ejecutivos de manejo y disposición final de los RSM en las ciudades de Acapulco, Tijuana, Mexicali, Saltillo, Cd. Juárez, Tuxtla Gutiérrez, Monterrey y Ensenada.

También se iniciaron los primeros cursos de capacitación para personal de los municipios y se desarrollaron las primeras instancias para identificar el problema de los residuos sólidos industriales.

A fines de la década de 1970 y hasta 1982, en la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), dentro de la Subsecretaría de Asentamientos Humanos y en la Dirección de Ecología Urbana, se llevaron a cabo una serie de proyectos, así como la elaboración de normas técnicas para el control de los RSM.

Con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) en el año 1982, todas las atribuciones en el área de control de RSM se conjuntaron en la Subsecretaría de Ecología. En esta dependencia, a partir de 1983, se inicia el programa RS100, el cual consistió en la elaboración de proyectos ejecutivos de relleno sanitario en las ciudades mayores de 100,000 habitantes.

Aunado a lo anterior, se elaboraron los manuales de diseño de rellenos sanitarios y los programas de diseño de rutas de recolección mediante el uso de computadora, así como los proyectos ejecutivos para el confinamiento de residuos industriales. Además, se continuó impartiendo cursos de capacitación y adiestramiento a personal de los municipios del país.

En 1992 desaparece la SEDUE y fue creada la Secretaría de Desarrollo Social, (SEDESOL) la cual incluye en su estructura al Instituto Nacional de Ecología (INE). La SEDESOL continúa brindando apoyo a los municipios, a través del desarrollo de proyectos ejecutivos y del financiamiento para la construcción de infraestructura para el control de los RSM y la construcción y operación de rellenos sanitarios, hasta la fecha.

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, (SEMARNAT), se crea en 1994 incorporando al INE y a los demás órganos que en la SEDESOL se ocupaban de cuestiones ambientales. En este contexto, el INE asume la responsabilidad del desarrollo de la normatividad de los residuos sólidos municipales y en el año de 1996, promulga la norma oficial mexicana que establece los requerimientos para la selección de sitios para ubicar rellenos sanitarios.

## SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN MÉXICO

El acelerado crecimiento demográfico de México y la concentración en otras ciudades como Guadalajara, Monterrey, Cd. de México, o Tijuana, han traído como consecuencia la generación de grandes volúmenes de residuos sólidos o basura en las ciudades y municipios.

Los RSU conformada por dos grandes grupos, de origen orgánico y de origen inorgánico. Llamamos orgánicos a los desechos humanos y de animales, restos de comida, hojas y pasto de jardines, telas de algodón, lana o lino, papel y cartón. Casi en su totalidad estos desechos son degradables, esto es, que se debilitan poco a poco.

Pertenecen al grupo de desechos inorgánicos: vidrio, plásticos, latas y otros objetos metálicos, hierro acero, aluminio, asbesto, entre otros. A diferencia de los orgánicos, los inorgánicos tardan largo tiempo en degradarse, o en el caso de los metales no se degradan, lo que significa que este tipo de residuos persiste por largo tiempo. Por lo que reciben el nombre de residuos no degradables.

Con el paso del tiempo no sólo ha aumentado el volumen, sino también se ha modificado la composición de los desperdicios, pasando de un 5% de desechos no degradables en los años 50, a 42% en la actualidad.

Para realizar el análisis se consultaron dos fuentes, por un lado los estudios sobre caracterización y cuantificación de los RSM realizados por diversas instituciones del Gobierno Federal y por el Departamento del Distrito Federal (DF), en el período comprendido de 1974 a 1987, en 46 ciudades del país y en las 16 delegaciones políticas del D.F. y por otro los estudios realizados por la SEDESOL entre los años de 1991 y 1998.

De acuerdo con estas fuentes, la media de generación de residuos sólidos varió de 0.718 kg/hab/día, en el periodo de 1974-1987, a 0.853 kg/hab/día en 1998. La menor generación corresponde a zonas en su mayoría semirurales o rurales, mientras que la mayor corresponde a las zonas metropolitanas como el Distrito Federal. En función de la generación y las características de los RSM, el país se ha dividido en cinco zonas: Fronteriza, Norte, Centro, Sur-Sureste y el Distrito Federal.

En las tablas 1.1 y 1.2, se muestran los datos estimados de población, generación, producción diaria y anual de RSM por zona geográfica del país para los años de 1988 y proyectadas para 1998 respectivamente. A su vez, la generación de los RSM en las diferentes zonas del país se muestra en la figura 1.1. La tendencia del incremento de generación se estima que puede variar de 1 a 3% anual dependiendo de la localidad.

No obstante, se ha observado que en situaciones de crisis económica la generación per cápita disminuye. En la misma figura 1.1 se muestra que la zona centro junto con el Distrito Federal producen el 62 % de los residuos generados en el país.

Tabla 1.1 Generación de residuos sólidos municipales por zona para 1988

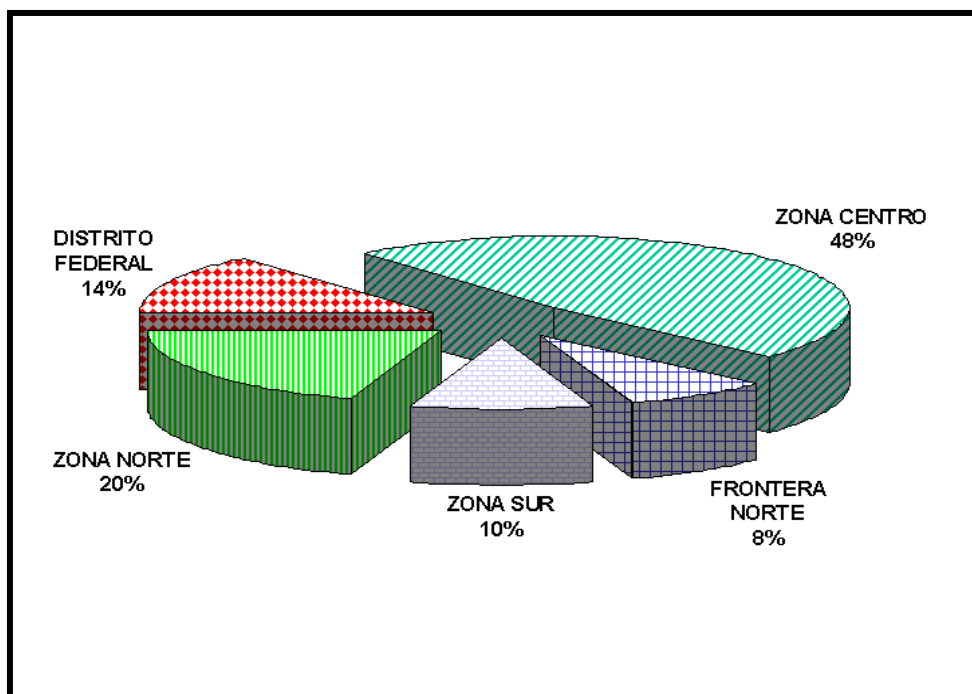
<b>Zona</b>	<b>No. de Habitantes</b>	<b>Generación kg./hab./día</b>	<b>Toneladas diarias</b>	<b>Toneladas anuales</b>	<b>%</b>
Fronteriza	7'647,643	0.645	4,933	1'800,545	8.74
Norte	16'628,750	0.698	11,607	4'236,555	20.56
Centro	34'646,270	0.617	21,377	7'802,605	37.87
D.F.	11'354,005	0.960	10,995	4'011,350	19.48
Sur-sureste	11'366,670	0.663	7,536	2'750,640	13.35
Promedio ponderado		0.7182			
<b>Totales</b>	<b>81'643,380</b>		<b>56,448</b>	<b>20'601,695</b>	<b>100.00</b>

**Fuente: SEDUE. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. México. 1998.**

Tabla 1.2 Generación anual de residuos sólidos por zona geográfica proyectada para 1998

<b>Zona</b>	<b>Población proyección 1998</b>	<b>Generación per cápita (kg/hab./día)</b>	<b>Generación diaria (ton)</b>	<b>Generación anual (ton)</b>
Centro	51,117,711	0.788	40,281	14,702,565
D.F.	8,683,824	1.329	11,541	4,212,465
Norte	19,501,930	0.891	17,376	6,342,240
Sur	12,615,849	0.679	8,328	3,039,721
Frontera Norte	6,347,055	0.956	6,067	2,214,455
Nacional	98,266,369	0.853	83,831	30,598,315

**Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999**



Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999

Fig. 1.1 Distribución porcentual de la generación de residuos sólidos en las diferentes zonas del país

## MARCO LEGAL EN MATERÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que corresponde a los municipios la responsabilidad de prestar el servicio de limpia con el concurso del Estado. Generalmente esta atribución es ratificada por la Constitución Política de los Estados y sustentada en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente.

Este marco sirve de referencia para establecer los lineamientos generales de los bandos de policía y buen gobierno y de forma particular los reglamentos de limpia municipal. Actualmente las metrópolis y la mayoría de los municipios de tamaño medio, cuentan con dichos reglamentos para establecer los compromisos de quien presta y recibe el servicio (Fig. 1.2).

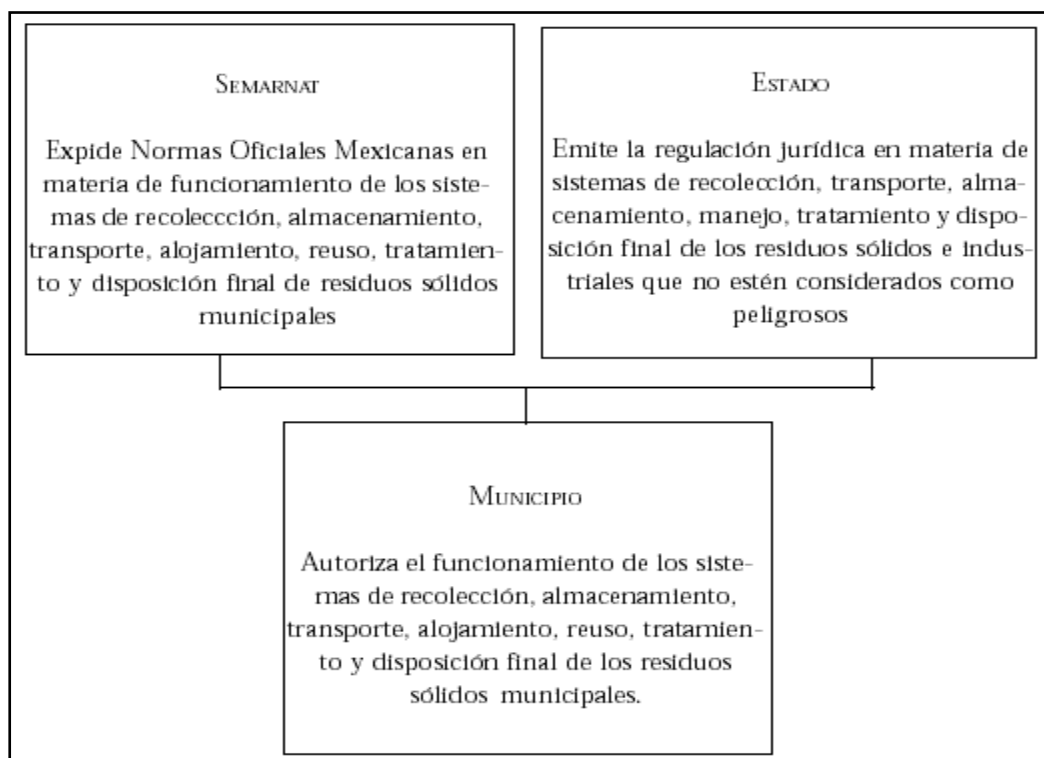


Fig. 1.2 Atribuciones respecto de los servicios en materia de recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclado, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

El marco legal bajo el cual se sustenta el manejo integral de los RSM incluye leyes, reglamentos y normas de los tres órdenes de gobierno e involucra a un número considerable de instituciones las cuales buscan el bien común mediante la disminución o eliminación de los efectos nocivos que puede causar el manejo inadecuado de los RSM.

## NORMAS RELATIVAS A LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Existen normas mexicanas relacionadas con la determinación de la generación y composición de los residuos sólidos municipales y aquellas sobre las determinaciones en laboratorio de diferentes componentes, estas normas están en revisión por el INE. En la tabla 1.3 se presenta una lista de las normas mexicanas.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de residuos sólidos previstas en la LGEEPA, aparecen enlistadas en la tabla 1.4; a la fecha sólo se ha emitido la

Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales y se encuentra en desarrollo la relativa a la selección del sitio para la construcción, operación, monitoreo y clausura de los rellenos sanitarios.

Tabla 1.3 Normas mexicanas aplicables a los residuos sólidos

<b>NMX-AA</b>	<b>Aspecto que cubren</b>
16-1984	Determinación de humedad
18-1984	Determinación de cenizas
24-1984	Determinación de nitrógeno total
25-1984	Determinación de pH, método potenciométrico
92-1984	Determinación de azufre
15-1985	Cuarteo
19-1985	Peso volumétrico <i>in situ</i>
21-1985	Determinación de materia orgánica
22-1985	Selección y cuantificación de subproductos
33-1985	Determinación de poder calorífico
52-1985	Preparación de muestras en laboratorio para su análisis
61-1985	Generación per cápita de residuos sólidos municipales
67-1985	Determinación de la relación carbono/nitrógeno
68-1986	Determinación de hidrógeno
90-1086	Determinación de oxígeno



Tabla 1.4 Normas oficiales mexicanas relativas a los residuos sólidos, previstas en la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente

<b>NOM en Materia de Residuos Sólidos Municipales</b>	<b>LGEEPA</b>
Funcionamiento de Sistemas de Recolección de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Almacenamiento de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Transporte de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Alojamiento de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Reuso de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Tratamiento de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por la Generación de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8º Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Transporte de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8º Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Almacenamiento de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8º Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Manejo de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8º Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Tratamiento de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8º Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por la Disposición Final de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8º Fracción IV
Sitios para la Disposición Final de residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Segundo
Diseño de Instalaciones destinadas para la Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Segundo
Construcción de Instalaciones Destinadas para la Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Segundo
Operación de Instalaciones Destinadas para la Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales.	137 Párrafo Segundo

Fuente: Jiménez Peña A.1999

## 1.2 CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

A continuación se presenta el concepto y la clasificación general de los residuos, con la finalidad de conocer mejor como se pueden aprovechar estos:

**Residuo:** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo genero (LGEEPA).

El residuo se puede clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o característica:

### \*Clasificación por estado

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos

En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación.

### \*Clasificación por origen

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial. Esta definición no tiene en la práctica límites en cuanto al nivel de detalle en que se puede llegar en ella.

Tipos de residuos más importantes:

- **Residuos municipales:** La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per cápita de los residuos, y

estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

- Residuos industriales: La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.
- Residuos mineros: Los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.
- Residuos hospitalarios: Son residuos generados en los diagnósticos o tratamientos directos con pacientes contienen patógenos (bacterias, virus, parásitos u hongos) en cantidad, concentración o virulencia suficiente como para causar enfermedades en las personas susceptibles. Esto incluye a los cultivos y "stocks" de laboratorios, sangre, elementos punzantes y restos humanos o animales ("pathological waste".)

Para los residuos hospitalarios no hay posibilidad de reciclar. Los agentes biológico-infecciosos pueden generar problemas a quien los manipule, por tanto es mejor aplicar la minimización, antes que cualquiera de los tratamientos mencionados.

Existen iniciativas importantes para verificar el manejo de residuos en los hospitales, entre las que se encuentran:

- La infraestructura e instalaciones para manejar los residuos.
- Manejo del almacenamiento en las diferentes áreas donde son generados.
- Métodos de recolección.
- Métodos de almacenamiento central en el hospital.

\*Clasificación por tipo de manejo:

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas a manejo que debe ser realizado:

Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

- a) Residuo peligroso: Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son para la salud o el medio ambiente nocivos cuando son manejados en forma inapropiada.
- b) Residuo inerte: Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.
- c) Residuo no peligroso: Ninguno de los anteriores.

### **1.3 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS**

Básicamente trata de identificar en una base másica o volumétrica los distintos componentes de los residuos. Usualmente los valores de composición de residuos sólidos municipales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente en base húmeda y contenidos ítems como materia orgánica, papeles y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, entre otros.

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo.

Es necesario distinguir claramente en que etapa de la gestión de residuos corresponden los valores de composición. Los factores de que depende la composición de los residuos son relativamente similares a los que definen el nivel de generación de los mismos.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Es necesario conocer algunas de las propiedades de los residuos para prever organizar los sistemas de prerrecolecta, recolecta y tratamientos finales de recuperación o eliminación, y para decidir sistemas de segregación en el caso de los residuos que generen riesgos especiales para el medio ambiente.

Dentro de las propiedades físicas de los residuos sólidos urbanos, destacan las siguientes: humedad, peso específico y granulometría.

-Humedad. Está presente en los residuos urbanos, y oscila alrededor del 40% en peso, con un margen que puede situarse entre el 25 y el 60%. La máxima aportación la proporcionan las fracciones orgánicas, y la mínima, los productos sintéticos. Esta característica debe tenerse en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración y recuperación energética y procesos de separación de residuos en planta de reciclaje.

En los residuos urbanos, la humedad tiende a unificarse ceden humedad a otros. Esta es una de las causas de degradación de ciertos productos como el papel, que absorbe humedad de los residuos orgánicos y pierde características y valor en los procesos mecánicos de reciclaje sobre el reciclado en origen, que evita este contacto.

- Peso específico. La densidad de los residuos urbanos es un valor fundamental para dimensionar los recipientes de prerrecolecta tanto de los hogares como de la vía pública. Igualmente, es un factor básico que marca los volúmenes de los equipos de recolecta y transporte, tolvas de recepción, cintas, capacidad de vertederos, etc. Este valor soporta grandes variaciones según el grado de compactación a que están sometidos los residuos. La reducción de volumen tiene lugar en todas las fases de la gestión de los residuos y se utiliza para optimizar la operación, ya que el gran espacio que ocupan es uno de los problemas

fundamentales en estas operaciones. Primero, en el hogar al introducirlos en una bolsa, después, dentro del contenedor al estar sometidos al peso de otras bolsas, más tarde en los vehículos recolectores compactadores, y por último en los tratamientos finales.

El peso específico unitario de cada producto no indica que su mezcla tenga un valor global proporcional al de sus componentes. En el hogar, estos valores son habitualmente muy superiores debido a los espacios inutilizados del recipiente de basura: cajas sin plegar, residuos de formas irregulares, etc. Sin embargo, conforme vayan agrupándose de forma más homogénea, se acercarán más al estricto cálculo matemático, que da unos valores medios teóricos para residuos sin compactar de  $80 \text{ kg/m}^3$  con variaciones importantes de acuerdo a la composición concreta de los residuos en cada localidad. Sobre estos valores teóricos de peso específico del conjunto de los residuos sólidos urbanos, se deberán tener en cuenta importantes reducciones o aumentos según el estado de presentación o de manipulación de estos.

- Granulometría. El grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes elementales de los residuos urbanos, constituyen un valor imprescindible para el dimensionado de los procesos mecánicos de separación y, en concreto, para definir cribas, tromeles y elementos similares que basan su separación exclusivamente en el tamaño. Estos valores también deben tomarse con cautela, ya que las operaciones de recogida afectan al tamaño por efecto de la compresión o de mecanismos trituradores. En cada caso concreto es preciso efectuar los análisis pertinentes para adecuar la realidad de cada circunstancia al objetivo propuesto.

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Las propiedades químicas de los residuos urbanos son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final. El poder calorífico es

esencial en los procesos de recuperación energética, al igual que el porcentaje de cenizas producido en los mismos.

Otras características como la eventual presencia de productos tóxicos, metales pesados, contenido de elementos inertes, entre otros, son informaciones muy útiles para diseñar soluciones adecuadas en los procesos de recuperación y para establecer las adecuadas precauciones.

- Composición química. Como consecuencia de la enorme variabilidad que experimenta la composición de los residuos sólidos urbanos, la composición química resultante de su conjunto también es muy variable.

Es necesario conocer la composición de un residuo concreto para determinar sus características de recuperación energética y la potencialidad de producir fertilizantes con la adecuada relación carbono/nitrógeno.

También es conveniente conocer la presencia y concentración de residuos tóxicos y peligrosos para evaluar el riesgo que su manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización, puedan aportar a la salud humana y al medio ambiente. Arsénico, cadmio, mercurio, antimonio, disolventes clorados, elementos con características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, ecotoxicidad, toxicidad o cualidades cancerígenas, mutagénicas o teratológicas, suelen estar presentes en los residuos urbanos, normalmente procedentes de actividades industriales y hospitalarias.

- Poder energético. Las propiedades calorimétricas de los residuos urbanos son los parámetros sobre los que se diseñan las instalaciones de incineración y de recuperación energética. Su valoración, fruto de la propia variabilidad de la composición, viene marcada por el poder calorífico de cada producto.

En términos generales, puede indicarse que el poder calorífico de la totalidad de los residuos sólidos urbanos está entre 1500 y 2200 kcal/kg.

Otro valor que interesa conocer es la temperatura a la que se funden y solidifican las cenizas de la combustión de estos materiales. El punto de fusión de las cenizas está en 1200° C, y las escorias obtenidas son utilizadas en algún proceso de tratamiento para reducir emisiones y para manejar de modo más controlado estos restos últimos de la incineración.

#### **1.4 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

La gestión integral de los residuos sólidos municipales (GIRSM) tiene que ser considerada como una parte integral de la Gestión Ambiental. Puede ser definida como la disciplina asociada al control del manejo integral de los RSM (reducción en la fuente, reuso, reciclaje, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final) de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, que responde a las expectativas públicas.

Dentro de su ámbito la GIRSM incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos. Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y la ciencia de los materiales. Los problemas asociados a la GIRSM en la sociedad actual son complejos, por la cantidad y naturaleza diversa de los residuos, el desarrollo de zonas urbanas dispersas, las limitaciones de fondos para los servicios públicos, los impactos de la tecnología y las limitaciones emergentes de energía y materias primas.

En consecuencia, se debe realizar la GIRSM de una manera eficaz y ordenada: identificar las relaciones y los aspectos fundamentales implicados, obtener información con datos uniformes para sustentar el diseño de programas de la GIRSM tanto federales y estatales como municipales, a fin de lograr la optimización



de los recursos, la capacitación del personal, la reestructuración de los métodos y procedimientos operativos y administrativos, la educación ambiental para lograr la participación comprometida de la población y el establecimiento de mecanismos para dar continuidad a proyectos y programas a través de los cambios administrativos.

## LA JERARQUÍA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMO ESQUEMA TRADICIONAL

El enfoque tradicional para el manejo de los residuos sólidos, ha influido significativamente en sus decisiones y estrategias a nivel local, estatal, nacional e internacional durante los últimos 25 años, y se le conoce comúnmente como jerarquía del manejo de residuos sólidos , la cual establece prioridad en las opciones de manejo de residuos a través de un orden de preferencia que parte de la reducción en la fuente, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición en sitios sanitarios controlados como última opción.

## MANEJO INTEGRAL Y SUSTENTABLE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

El manejo integral y sustentable de los RSM combina flujos de residuos, métodos de recolección, sistemas de separación, valorización y aprovechamiento del cual derivan beneficios ambientales y económicos que resultan en la aceptación social con una metodología versátil y práctica que puede aplicarse a cualquier región. Esto puede lograrse combinando opciones de manejo que incluyen tratamientos que involucran el reuso, reciclaje, compostaje, biogasificación, tratamiento mecánico-biológico, pirolisis, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios. El punto clave no es cuántas opciones de manejo se utilicen, o si se aplican todas al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia.

El manejo integral, en el sentido estricto, provee los elementos técnicos que sumados a componentes no técnicos permite una GIRSM, la cual está conformada por los siguientes elementos:

- Reuso
- Separación en la fuente de generación
- Barrido
- Almacenamiento
- Recolección
- Transferencia y transporte
- Tratamiento (reciclaje, composteo, incineración, tratamiento mecánico-biológico y pirolisis)
- Disposición final

La minimización o reducción en la fuente, en realidad precede al manejo efectivo de los residuos y no es parte de él, ya que afectará el volumen generado y, hasta cierto punto, la naturaleza de los residuos, pero aun así habrá residuos que serán generados y requerirán de sistemas de GIRSM. Por lo tanto, además de la minimización o reducción en la fuente, es necesario un sistema efectivo para manejar los residuos restantes.

## REUSO

Se entiende por reuso el aprovechar al máximo los artículos, utilizándolos para diferentes fines antes de desecharlos, pueden ser muebles, máquinas, botellas, cajas, ropa, libros, entre otros.

El reuso de materiales es la forma más ecológica de tratar los residuos, pero también la más ilimitada. Para promover el reuso se pueden incorporar mensajes e información en diferentes tipos de bolsas para el intercambio, también se puede realizar una feria de materiales usados.

Ejemplos de reuso en el hogar:

- Volver a usar las bolsas, los envases y otros artículos
- Vender o donar mercancía que se usa poco.
- Comprar productos con envases rellenables
- Usar baterías recargables.
- Comprar productos con envases retornables
- Compartir libros y revistas.

Ejemplos de reuso en el trabajo:

- Mantener una caja cerca de las impresoras y escritorios con el fin de depositar las hojas de reuso
- Imprimir en hojas de reuso los borradores y carátulas de fax
- Reutilizar los folders y sobres para archivo
- Usar artículos reutilizables en lugar de desechables
- Fomentar y reconocer en el ambiente de trabajo el uso razonable de los insumos

## SEPARACIÓN EN LA FUENTE DE GENERACIÓN

La separación temprana de residuos domiciliarios es básica, ya que es la forma más efectiva de contribuir a que éstos se asemejen a los residuos industriales, lo cual se requiere a todas autoridades establezcan, la recolección separada de los residuos clasificados en por lo menos tres categorías: reciclable, orgánica y basura (tabla 1.5), el cumplimiento de los generadores al no mezclar y el compromiso de los servicios de recolección para canalizar lo reciclable a la infraestructura establecida para su tratamiento.

El reciclaje es el reprocesamiento de los residuos de interés comercial para elaborar nuevos productos y debe ser considerado como parte de los programas de la GIRSM, no como un fin en sí mismo.

Deberá promoverse únicamente para aquellos productos que ofrecen beneficios ambientales globales y tienen un mercado. En la tabla 1.5 se presenta los subproductos reciclables.

Tabla 1.5 Sistemas de separación de RSM

<b>Reciclables (limpios y secos)</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Basura (sucios, tóxicos y sanitarios)</b>
Envases	Restos de cocina y	Pañales desechables
bolsas	Comida	Papel sanitario
y otros desechos de vidrio	Ramas y hojarasca	Envoltura sucia como
vidrio	Estiércol y gallinaza	bolsa de sabritas y saborines
plástico	Papel mojado no impreso	jeringas usadas
aluminio,	Servilletas usadas	Medicamentos caducos
metal y	Papel Kleenex.	Envases de medicamentos
madera	Colilla de cigarro sin filtro	Gasas vendas usadas
Cartón papel periódico		Colillas de cigarros con colilla
y revistas (siempre y cuando estén limpios y secos)		Estopas restos de pintura y solventes
<b>Son 100% reciclables</b>	<b>Son 100% reciclables</b>	<b>No son reciclables</b>
si separar conforme al material de que están hechos	proceso en composteras para producir abono orgánico	Son desechos peligrosos que deben depositarse en rellenos sanitarios o incinerarse con equipos no contaminantes
Las pilas y los acumuladores deben manejarse por separado y con precaución pues son peligrosos.		
<b>Representan el 60% del volumen total</b>	<b>Representan el 25% del volumen total</b>	<b>Representan el 15% del volumen total</b>
<b>usar contenedores</b>	<b>usar contenedor</b>	<b>usar contenedor</b>
color azul	Color verde	color rojo

Fuente: Centro De Ecología Akumal

## BARRIDO

El barrido surge por la necesidad de mantener limpia y en condiciones estéticas las calles, parques y jardines que por razones naturales o antropogénicas son invadidas por residuos vegetales, arenas, lodos, envolturas de artículos, residuos de comida y envases, entre otros.

\*Barrido manual: Para poder recolectar la diversidad de residuos, en un buen número de ciudades medias del país se emplea en mayor proporción el barrido manual, para lo cual se utiliza equipo diverso, tal como carritos con tambos de 200 L, escobas, cepillos y recogedores.

En ciudades latinoamericanas se tiene un rendimiento individual de 1 a 2.5 Km (en el estado de México 2.0 km/día; BaDaMun, 2001) de calle y en promedio por km barrido se recogen de 30 a 90 kg, requiriéndose de 0.4 a 0.8 barrenderos por cada 1000 hab.

Frecuentemente este prestador de servicio asume funciones adicionales para contar con más ingresos, recogiendo bolsas de basura de casas y comercios, afectando la eficiencia de este servicio. Se deben establecer horarios al personal para realizar esta actividad en turnos matutino y/o vespertino principalmente, dependiendo de las condiciones de cada zona de la localidad.

\*Barrido mecánico: Este tipo de barrido se recomienda en calles y avenidas amplias y con topografía plana. La aplicación de este método dependerá de las costumbres de la población y las características de la infraestructura vial. Es importante evaluar la eficiencia de barrido y no solamente de recorrido, puesto que se esparcen muchos residuos sin recogerlos, que posteriormente los automóviles los regresan nuevamente a las orillas.

Se recomienda efectuar el barrido nocturno en las grandes avenidas, donde durante el día hay un tráfico intenso y en zonas comerciales e industriales donde durante el

día hay muchos peatones y generalmente los vehículos están estacionados en los cordones de las aceras.

## SELECCIÓN DEL SISTEMA DE BARRIDO

El sistema de barrido esta determinado por varios factores: el trazo urbano de la ciudad, topografía y condiciones socioeconómicas. Cuando las calles son angostas, empedradas y con muchos obstáculos, el sistema de barrido mecánico es prácticamente imposible y si aunado a esto, la topografía es accidentada, definitivamente convendrá adoptar el sistema de barrido manual.

Otro factor que debe de tomarse en consideración para la selección del sistema de barrido es la mano de obra disponible en la región y la eficiencia de cada uno de los sistemas existentes.

También el factor económico es otro de los elementos que deben considerarse. En el caso del sistema de barrido manual se requiere de una inversión inicial mínima, el costo de mantenimiento es bajo y no se requiere de un entrenamiento específico al personal. Por lo contrario en el sistema de barrido mecánico se requiere de una gran inversión inicial para la compra de la maquinaria, altos costos para el mantenimiento, además es importante considerar la factibilidad de conseguir refacciones y el personal de operación requiere de entrenamiento.

Los servicios de limpieza de la ciudad no podrán alcanzar de manera satisfactoria todos sus objetivos si no se tiene la colaboración efectiva de la población. De ahí la necesidad de las campañas educativas destinadas a informar y sensibilizar a la población a fin de conseguir su colaboración para mantener una ciudad limpia y adicionalmente apoyar con señalamientos permanentes, equipamiento (cestos para residuos generados por transeúntes), publicar un reglamento que establezca sanciones y llevar a cabo acciones de control y vigilancia.

## ALMACENAMIENTO

Debido a que los residuos generados no se pueden eliminar de inmediato, se requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuado para almacenarlos mientras se espera a que sean evacuados o retirados. El almacenamiento apropiado de los residuos tiene una influencia positiva en el manejo de los mismos. Por el contrario, el almacenamiento inadecuado tiene efectos negativos dentro del sistema de GIRSM, debido a lo siguiente:

- El uso de recipientes de capacidad inadecuada (muy grandes o muy pequeños).
- El material utilizado en la fabricación de los recipientes es inadecuado.
- No se separan los subproductos presentes en los residuos por uso y destino (residuos orgánicos, reciclables y restantes/sanitarios).

Lo anterior propicia que:

- Se incremente el tiempo de recolección.
- Se provoquen lesiones al personal del servicio de recolección.
- Se afecte la salud de la población al proliferar fauna nociva.
- Existan limitaciones para impulsar el reuso, reciclaje y tratamiento de los subproductos generados.

La puesta en marcha de un sistema GIRSM debe considerar las formas de almacenamiento de los residuos en la fuente generadora. Por lo tanto, se requiere de una reglamentación que tome en cuenta los recipientes usados para el almacenamiento cumplan con los requisitos que permitan el manejo higiénico y seguro de los residuos.

En el caso del almacenamiento domiciliario, el reglamento debe ser realista en cuanto a las condiciones económicas y sociales de la localidad. Para llevar a cabo un almacenamiento adecuado, será necesario considerar las siguientes recomendaciones:

- Promover el almacenamiento por separado de los distintos tipos de residuos: (orgánicos, reciclables y restantes/sanitarios).
- Almacenarlos en recipientes con tapa.
- Trasladar los residuos por lo menos cada siete días.
- Usar recipientes resistentes a la humedad.
- Colocarlos en lugares apropiados (protegidos de la lluvia, el sol y animales domésticos).

## RECOLECCIÓN

La recolección tiene por objeto retirar los RSM de la fuente generadora (hogar, comercios, oficinas, mercados, rastros, escuelas etc.), a fin de concentrarlos en un punto de transferencia, centro de acopio para su proceso (reciclaje o tratamiento) o, de otra manera llevarlos directamente al sitio de disposición final. Al llevar a cabo un sistema de recolección es importante considerar si se va a establecer un sistema de recolección separada y definir la clasificación de los subproductos.

## DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Una de las primeras decisiones que deben tomarse en cuenta al diseñar el sistema de recolección es el método utilizado para la recolección de los residuos. Esta es una decisión importante porque incide en las otras variables incluyendo el tipo de recipiente para almacenamiento, tamaño de la cuadrilla y en la selección de los vehículos recolectores.

Entre los métodos más comunes para la recolección de los RSM se tienen:

- Parada fija: consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, los usuarios acuden a entregar sus residuos.
- 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.



- Contenedores: consiste en instalar depósitos para que los usuarios vierten sus residuos que posteriormente serán recogidos. Se deberá tener cuidado en supervisar el depósito y recolección de los residuos, ya que en ocasiones estos contenedores se convierten en basureros debido a que se dejan las bolsas fuera del contenedor y fácilmente los dispersan.

Otro factor importante a considerar es la frecuencia de recolección, que incide al igual que el método en los costos globales del sistema. El incremento en la productividad del personal de recolección puede reducir significativamente los costos globales, esto debido a 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 60% al 75% del costo de la recolección.

Así mismo se debe determinar qué tipo de residuos deben ser rechazados por las cuadrillas de recolección, ciertos materiales tales como: neumáticos, muebles, animales muertos y residuos peligrosos.

El reglamento de limpia municipal deberá establecer un esquema de recolección especial para aquellos residuos que sean rechazados por los servicios ordinarios de recolección.

La ruta de recolección establece los recorridos específicos que deben realizar los transportes con el fin de recolectar eficientemente. Un mal diseño de las rutas de recolección, trae como consecuencia graves daños al sistema diseñado, entre los que se pueden citar los siguientes:

- Deficiente operación y funcionamiento del equipo.
- Ineficiencia del personal.
- Reducción de las coberturas del servicio de limpia.
- Proliferación de tiraderos clandestinos.

Para el diseño de las rutas de recolección se recomienda considerar:

- Los recorridos deben considerar tramos que queden dentro de la misma área de la ciudad o localidad en estudio (no deben fragmentarse ni traslaparse).
- El inicio de una ruta debe estar cerca del lugar de encierro de los vehículos recolectores y el final cerca del sitio de disposición final de los residuos sólidos.
- En lugares con pendientes pronunciadas o desniveles altos, debe procurarse hacer el recorrido de la parte alta a la baja.
- Recolectar simultáneamente ambos lados de la calle (no es recomendable en avenidas muy anchas o con mucho tránsito).
- Respetar el sentido de circulación y prohibición de ciertos virajes.
- Señalar en el piso de las zonas para la recolección, notificando de ello a la población.
- Evitar los giros a la izquierda y las vueltas en U, por que hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tránsito.
- Las calles con mucho tránsito deben recorrerse durante las horas de menor flujo vehicular.
- Cuando hay vehículos estacionados en las calles o avenidas, debe procurarse efectuar la recolección en los momentos que la calle está más despejada coordinándose con las autoridades encargadas del tránsito y vía pública.
- En las calles muy cortas o sin salida, es preferible que los transportes recolectores no entren en ellas, sino que se ubiquen en la esquina y que el personal vaya a buscar los recipientes, o en su caso la población deposite sus desechos en la esquina más cercana a la ruta.
- Cuando la recolección se hace primero por un lado de la calle y después por el otro, generalmente es mejor tener recorridos con muchas vueltas a la derecha alrededor de las manzanas.
- Es preciso reconocer muy bien las características propias de la localidad para que los camiones recolectores no causen muchos problemas y efectúen el servicio en forma eficiente.

Para diseñar las rutas de recolección en una localidad es recomendable dividirla en sectores operativos, determinar el número de vehículos necesarios y asignar un área del sector a cada vehículo recolector.

Para ello será necesario realizar un proyecto con el cálculo teórico de las necesidades o áreas asignadas a cada vehículo y posteriormente realizar los ajustes necesarios en el área de trabajo, para balancear y nivelar las cargas entre las diferentes cuadrillas durante la semana.

Es recomendable que cada uno de estos sectores operativos tenga los vehículos de recolección requeridos, oficinas y garage, buscando que sea una sección administrativa autónoma con servicios de mantenimiento preventivo y limpieza.

Es necesario diseñar cada ruta en detalle, para lo cual es preciso contar con la siguiente documentación para cada colonia o barrio:

- Planos que contengan la urbanización, las áreas pavimentadas y la topografía.
- Ancho y tipo de calles.
- Equipo de recolección.
- Método de recolección a utilizar.
- Frecuencia de recolección.
- Tipos de disposición y/o tratamientos.
- Zonas de habitación unifamiliar, nivel socioeconómico, número de casas, supermercados, centros comerciales, cines, hospitales y restaurantes, entre otros.
- Generación unitaria de los elementos anteriores.

Se recomienda dibujar un plano de la zona, de preferencia con una escala de 1:5000, sobre él poner una hoja de papel transparente en la cual marquen con línea gruesa los tramos de la ruta prevista en que se están recogiendo residuos (distancia productiva) y en línea punteada aquellos tramos donde el vehículo sólo se está desplazando de un lugar a otro (distancias muertas), las calles en que el vehículo no entra, sino que espera a que el personal vaya a buscar los recipientes con residuos, se marcan con línea llena delgada y suelen denominarse "alcance".

Se dibujan varias alternativas, cambiando las hojas de papel transparente, la mejor opción será aquella en que la longitud de la línea punteada sea mínima. Mientras

menor sea la frecuencia, más económica es la recolección, sin embargo por razones sanitarias en México no conviene reducirla a menos de dos veces por semana o como límite una vez por semana.

En la mayoría de los casos no se trabaja los domingos, esto representa que si el servicio es de dos veces por semana, los lunes y martes habrá 50% más de residuos que el resto de los días, al estar programadas las rutas para que los vehículos trabajen a su máxima capacidad, esos días se deberá hacer un viaje adicional o bien, programando las rutas para los días de mayor cantidad de residuos, sacrificando un poco la eficiencia el resto de la semana.

Los equipos de recolección de residuos son variables, se encuentran desde camiones compactadores, camiones con divisiones para recolección separada, hasta los carritos manuales. Cuando se sustituya el parque vehicular, es importante considerar que las refacciones de los vehículos estén disponibles en la zona, en este sentido, es mejor usar o adaptar un vehículo que ya exista en la localidad, antes de introducir un nuevo tipo de vehículo.

Con respecto a los equipos de recolección y transporte primario, se sugiere, siempre que sea factible (por las características físicas y poblacionales de la localidad), se empleen vehículos con carrocerías de gran capacidad, provistos de compactadoras para abatir costos de recolección.

Las carrocerías de volteo, aunque son preferidas para localidades con cierta tendencia rural, debido a su versatilidad y menor costo, no son adecuadas para la recolección y transporte de basura doméstica desde el punto de vista de salud pública, debido principalmente a que por el hecho de ser descubiertas y carentes de sello hermético en el fondo, propician el esparcido de líquidos y residuos a lo largo de sus recorridos. En términos generales, puede decirse que existen carrocerías para vehículos recolectores de carga lateral, trasera y frontal.

Estas últimas se usan exclusivamente 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.

Los vehículos dotados de carrocerías de carga trasera de dos ejes, son muy eficientes porque la recolección se efectúa en forma más cómoda y menos fatigosa para el personal operativo debido a su altura de carga no mayor a 1.20 m.

Además, permiten por lo general prescindir de un operario y así, reducir la tripulación del vehículo y los costos de operación.

Ahora bien, debe dejarse bien asentado que no siempre es adecuado el uso de vehículos especializados para la recolección de los residuos sólidos, ya que no en todos los casos la traza urbana brinda las facilidades de acceso, penetración, maniobrabilidad y pendiente requeridas para la utilización y máximo aprovechamiento de tales vehículos.

En muchos casos la utilización de unidades de las consideradas como "no convencionales", pueden dar mejores resultados tanto en costo como en rendimiento y eficacia, que los obtenidos con el uso de unidades recolectoras especializadas.

Tales unidades pueden ser desde un carretón movido por el esfuerzo humano o por tracción animal, hasta un vehículo tipo volteo.

En la tabla 1.6 se resumen las ventajas y desventajas asociadas a cada tipo de vehículo de recolección.

La distancia hacia el lugar de acopio, tratamiento o disposición final incide en el tipo de vehículo que se debe emplear y en la necesidad de instalar una estación de transferencia.

Tabla 1.6 Principales ventajas de los vehículos de recolección

Vehículo	Ventajas	Desventajas
Tiraderos por animales de carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permiten el acceso a zonas con difícil topografía</li> <li>• Velocidad de recolección adecuada</li> <li>• Facilidad de control del equipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de alimentación de los animales de carga</li> <li>• Radio de acción limitado (&lt; 2 km en promedio)</li> </ul>
Impulsados únicamente por el esfuerzo humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de recolección adecuada</li> <li>• Acceso a calles angostas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidentes ocupacionales por sobre esfuerzo</li> <li>• Radio de acción limitado (&lt; 2 km en promedio)</li> </ul>
Vehículo tipo volteo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo en relación vehículos tecnificados</li> <li>• Descarga más rápida que cuando se tienen cajas fijas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de la carga muy elevada</li> <li>• El acomodo de los RSM en la caja es manual</li> <li>• Se requiere de más personal en cuadrilla.</li> <li>• Incrementar el volumen de la caja hacia arriba puede elevar el centro de gravedad por encima de las especificaciones.</li> </ul>
Vehículo sin mecanismos de compactación carga lateral o trasera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo de inversión en relación con los vehículos especializados</li> <li>• reducidos requerimientos económicos de mano de obra para su mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del tonelaje de basura que puede transportar (el peso volumétrico alcanzado dentro de la carrocería, difícilmente rebasa 350 kg/m<sup>2</sup>).</li> <li>• No es recomendable adaptarlos para carga y descarga de contenedores.</li> </ul>
Vehículos compactadores de carga trasera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La altura de carga es baja</li> <li>• Los operarios no tienen acceso a la basura para "pepenarla" una vez que el mecanismo compactador de carga entra en funcionamiento</li> <li>• Puede atender contenedores pequeños en su ruta de recolección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de inversión elevado en relación con vehículos sin compactadores</li> <li>• Costo de mantenimiento más elevado.</li> </ul>

## TRANSFERENCIA

Se aplica el término estación de transferencia a las instalaciones en donde se hace el traslado de basura de un vehículo recolector a otro vehículo con mucha mayor capacidad de carga. Este segundo vehículo, o transporte suplementario, es el que traslada los RSM hasta su destino final.

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.

Otro beneficio que genera la estación de transferencia, es el permitir atender algún aumento que se demande en las rutas de recolección urbanas.

Las características propias de los sitios destinados para una estación de transferencia son:

- Distancia de amortiguamiento a zonas de colindancia
- Dirección e incidencia de los vientos
- Pendientes de acceso a las instalaciones
- Accesos viales al sitio destinado para un relleno sanitario
- Superficie disponible

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

Directa: emplea la gravedad para el traslado de la basura de los camiones recolectores a los vehículos de transferencia.

Indirecta: utiliza locales de almacenamiento, además equipos mecanizados para mover los RSM y para alimentar los vehículos de transferencia.

Dependiendo básicamente de las características de los RSM y el tipo de vehículo de transferencia utilizado, los residuos pueden o no ser procesados en las estaciones de transferencia: compactación, trituración, enfardamiento (compactar los RSM en bloques colocándoles cintas para mantenerlos unitarios) y selección de materiales.

Cuando los residuos se recolectan separados la estación de transferencia puede servir como centro de acopio de los subproductos.

## TRATAMIENTO

Al proceso de transformación física, química o biológica de los RSM que procura obtener beneficios sanitarios o económicos, reduciendo o eliminando sus efectos nocivos al hombre y al medio ambiente se le denomina tratamiento de los RSM. Básicamente existen tres tipos de tratamiento: mecánico, biológico y térmico.

\*Tratamiento biológico: El tratamiento biológico se enfoca básicamente a los residuos orgánicos, como los alimentos y los residuos de jardín.

La fracción orgánica varía significativamente entre zonas geográficas y estaciones del año. En la mayoría de los países industrializados la fracción orgánica representa 20% del total de los residuos generados, mientras que en países en vías de desarrollo llega a exceder el 50%.

El seleccionar los residuos orgánicos dentro de una estrategia integral tiene varios beneficios, el más importante consiste en la reducción de los volúmenes generados y la estabilización de los materiales, además, se pueden transformar en un producto útil (composta) o en alimento para animales, se incrementa el valor de los otros residuos y se reduce la cantidad de biogás y lixiviado generado en los rellenos sanitarios. El tratamiento biológico de residuos sólidos orgánicos, merece ser considerado como una alternativa viable.

-La composta es uno de los tratamientos biológicos más usados que consiste en la descomposición de la materia orgánica por microorganismos en un ambiente con



condiciones controladas, facilitando un incremento de la temperatura (comúnmente entre 55° y 60° C) para destruir los patógenos. Los niveles de oxigenación y de humedad de este proceso también son controlados para reducir el potencial de producción de malos olores.

Durante el proceso, los materiales orgánicos son degradados a un material parecido al humus con excelentes propiedades para el suelo, con un pH en rangos de 6.5 a 8, que favorece el crecimiento saludable de las plantas y tiene la capacidad de retención de agua. La composta se puede obtener mediante la descomposición de la materia orgánica en condiciones aerobias o anaerobias (con o sin oxígeno, respectivamente). También existen otros tipos de tratamiento biológicos como crianza de cerdos y lombricultura, en la tabla 1.7 se muestran las ventajas y desventajas de dichos tratamientos:

\*Tratamiento térmico: El procesamiento térmico de los residuos sólidos puede definirse como la conversión de los residuos sólidos en productos de conversión gaseosos, líquidos o sólidos, con la simultánea o subsiguiente emisión de energía en forma de calor. El tratamiento térmico reduce el volumen de los residuos hasta en 90%, contribuyendo significativamente a disminuir el aporte a otras opciones de manejo, particularmente al relleno sanitario. La conversión térmica puede llevarse a cabo de varias maneras: incineración, pirolisis y gasificación.

-Incineración: Puede definirse como el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química con exceso de oxígeno. Los productos finales incluyen gases salientes de combustión, compuestos principalmente de nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua (gas de chimenea), y rechazos no combustibles (ceniza). Se puede recuperar energía mediante el intercambio del calor procedente de los gases calientes de la combustión. Casi todos los sistemas para incineración de residuos sólidos actualmente bajo construcción en Estados Unidos de América y Europa, emplean alguna forma de recuperación energético para ayudar a sufragar los costos operacionales y reducir los costos de inversión del equipo para el control

de la contaminación atmosférica, así mismo, también se pueden obtener beneficios económicos a partir de la recuperación de calor.

Tabla 1.7 Ventajas y desventajas de algunos tratamientos biológicos

Descripción	Ventajas	Desventajas
Compostaje Aeróbico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil implementación a diversas escalas</li> <li>- Bajo costo de operación y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja demanda de la composta por desconocimiento de sus desventajas</li> <li>- La calidad de la composta puede ser no aceptable si se elabora sin control de contenidos extraños</li> <li>- Rechazo a la forma de desarrollar el compostaje</li> </ul>
Compostaje anaeróbico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requiere de mayor infraestructura para su implementación</li> <li>- Es factible la recuperación y uso del biogás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos de operación más elevados</li> <li>- Baja la demanda de la composta por desconocimiento de sus ventajas</li> <li>- La calidad de la composta puede no ser aceptable si se elabora sin control de contenidos extraños.</li> <li>- Rechazo a la forma de desarrollar el compostaje.</li> </ul>
Crianza de cerdos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Provee una fuente de alimento para la población</li> <li>- La crianza "tecnificada" de cerdos es una buena opción para adecuar las practicas informales de esta actividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere personal técnico capacitado</li> <li>- Alta inversión inicial</li> <li>-Exige monitoreo sanitario permanente</li> <li>- Resistencia de la población al ingerir esta carne</li> </ul>
Lombricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El humus de lombrices es fácilmente aceptado por los agricultores</li> <li>- La lombricultura tiene poco riesgo de generar impactos ambientales negativos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para obtener las lombrices</li> <li>- Costos más altos</li> <li>- Más sensibles para cambios de la operación</li> <li>- Requiere de mayor conocimiento técnico.</li> </ul>

Fuente Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales.,  
OPS/CEPIS/PUB/97.31

-Pirólisis: El sistema de pirólisis se utiliza para convertir a los residuos sólidos en combustibles gaseosos, líquidos y sólidos. La pirólisis utiliza una fuente de combustible externa para conducir las reacciones endotérmicas de pirólisis en un

ambiente libre de oxígeno. El proceso de pirólisis es altamente endotérmico, requiriendo una fuente de calor externa. Las tres fracciones de componentes más importantes producidas mediante pirólisis son las siguientes:

1. Una corriente de gas que contiene principalmente hidrógeno, metano, monóxido de carbono y diversos gases, según las características del material que es pirolizado.
2. Una fracción líquida que consiste en un flujo de alquitrán o aceite que contiene ácido acético, acetona, metanol e hidrocarburos oxigenados complejos. Con un procesamiento adicional, la fracción líquida puede utilizarse como aceite combustible sintético, sustituyendo al aceite combustible convencional número 6.
3. Coque inferior, que consiste en carbono casi puro más cualquier material inerte originalmente presente en los residuos.

El sistema de pirólisis aún se usa ampliamente como proceso industrial para la producción de carbón vegetal a partir de madera, de coque y gas combustible así como de betún producto de fracciones pesadas de petróleo. A pesar de estos usos industriales, la pirólisis de residuos sólidos no ha sido tan exitosa. La causa principal del fracaso, parece haber sido la complejidad inherente de los sistemas y las dificultades asociadas a la producción de una alimentación uniforme a partir de los RSM.

-Gasificación: El termino gasificación consta en el quemado de un combustible a propósito con menos aire. Es una técnica energéticamente eficaz para reducir el volumen de los RSM y recuperar energía. Esencialmente el proceso implica la combustión parcial de un combustible carbonoso para generar un combustible rico en gas con altos contenidos de monóxido de carbono, hidrógeno y algunos hidrocarburos saturados principalmente metano. El gas combustible puede quemarse en un motor de combustión interna, turbina de gas o caldera en condiciones de oxígeno adicional.

## DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final es la última etapa del manejo integral de los RSM y está íntimamente relacionada con la preservación del ambiente, así como de la salud de la población, por lo que se debe tratar y controlar mediante un sistema adecuado que minimice los impactos negativos hacia el entorno ecológico y que preserve los espacios para otros usos de forma racional, por lo que al sitio de disposición final deberán de llegar solo los materiales que no tienen otras posibilidades de ser aprovechados en el reuso, reciclamiento y compostaje. Esto servirá también para evitar la pepena que pone en riesgo la salud de quienes la realizan en los sitios de disposición final.

No obstante, que se tiene la plena conciencia de la importancia que reviste el mantener una adecuada disposición final de los residuos sólidos municipales, en la actualidad aún prevalece la práctica del "tiradero a cielo abierto" en la mayoría de las ciudades de nuestro país.

Tal práctica consiste en el depósito incontrolado de residuos sólidos directamente en el suelo, provocando la contaminación del aire, agua y suelo, así como generando problemas de salud pública y marginación social.

Dentro de las alternativas viables para la disposición final de los residuos sólidos municipales, y conforme a las condiciones actuales del país, se cuenta con el método de relleno sanitario. El relleno sanitario es el método empleado para la correcta disposición de los RSM, por lo que como toda obra de ingeniería éste tiene que ser planeado y diseñado previamente para asegurar su correcta construcción y operación.

La cantidad y componentes de residuos que llegan a un relleno sanitario dependerán de las técnicas de manejo que han sido aplicadas antes como parte de un sistema de manejo integral. El hecho de que el relleno sanitario pueda manejar una gran variedad de residuos da una gran flexibilidad al sistema de manejo integral en su totalidad.

Los rellenos sanitarios han sido y continuarán siendo en el futuro próximo, elementos esenciales de los sistemas de manejo integral de los RSM, siempre y cuando se ubiquen en lugares apropiados, se diseñen, construyan, operen, clausuren, mantengan y se utilicen de manera segura y ambientalmente adecuada. Al planear la ubicación de un relleno sanitario, debe tomarse en cuenta la vida media del mismo que se prevé en función de su capacidad proyectada (10 a 30 años), así como de los planes considerados de desarrollo urbano y la posibilidad de convertirlos en zonas recreativas una vez que se agote su capacidad y se cierren.

Para la localización se tiene que respetar la normatividad vigente NOM 083-ECOL-1996.

Los beneficios que ofrece un relleno sanitario son:

- Resuelve de manera ambiental el problema de la disposición final de los RSM.
- Fomenta la participación de la comunidad en la solución integral de sus problemas sanitarios y ambientales.
- Contribuye al desarrollo socioeconómico de la localidad, mediante la generación de empleos.
- Contribuye a mejorar la salud y el ecosistema, mediante la creación de áreas verdes para la recreación, mejoramiento del paisaje y la calidad ambiental.

## **1.5 GENERACIÓN DE PLÁSTICOS**

A pesar de que los desechos de papel y cartón en el país son los que ocupan el primer lugar del volumen de la basura que se genera desde hace 10 años, son los plásticos los que constituyen el mayor crecimiento.

Mientras la basura de los productos de la celulosa, registrados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), crecieron 19 por ciento en los últimos 5 años, los de plástico aumentaron 57 por ciento.

En 2004, los desechos de plástico alcanzaron los niveles de los de vidrio en el País, constituyendo ambos 6.1 por ciento del total de la basura contabilizada por el organismo.

A pesar de que existen al menos 50 tipos de plásticos diferentes, en México sólo hay un programa para recuperar al polietileno tereftalato (PET), que logra reciclar 20 por ciento del material que circula en el País.

Hace 20 años el porcentaje de plástico apenas llegaba al uno por ciento y el vidrio alcanzaba el tres por ciento. En la actualidad, el vidrio se ha mantenido y el plástico ha aumentado en su participación.

Este cambio se debe a la mercadotecnia que utilizan las empresas para vender sus productos ya que a la vez buscan una mejor presentación y cuyo material sea de alta durabilidad, seguridad y esto sea más atractivo al consumidor.

En la tabla 1.8 se muestra la cantidad en porcentaje de subproductos generados en el año 1991 a 1997, tomando en consideración los valores de generación diaria *per-cápita* y con base a la media del contenido de subproductos, se obtiene la estimación general de los subproductos contenidos en los residuos sólidos domiciliarios que se generan en el país, donde los plásticos ocupan el cuarto lugar nivel nacional.

## **1.6 RECICLAJE DE PLÁSTICOS**

El término plástico en su significación más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

Tabla 1.8 Evolución de la composición de subproductos en el período 1991 a 1997 (valores en %)

COMPOSICIÓN	AÑOS				
	1974-1988	1991	1997	Diferencia en los periodos	
Papel, cartón y productos de papel	15.39	14.07	17.13	(1.32)	3.06
Textiles	1.94	1.49	2.15	(0.45)	0.66
Plásticos	5.70	4.38	8.95	(1.32)	4.57
Vidrio	7.69	5.90	7.04	(1.89)	1.14
Metales	3.88	2.90	3.82	(0.98)	0.92
Residuos de comida, jardinería y materiales similares (orgánicos)	47.72	52.40	44.78	4.68	(7.62)
Otros tipos de residuos Variados: residuos finos, hule, pañal desechable, etc.	17.68	18.86	16.13	(1.18)	(2.73)
Total	100.00	100.00	100.00		

Fuente: SEDUE. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. 1998. Sancho y Cervera J., Rosiles G. Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. SEDESOL. 1999.

## PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS DE LOS PLÁSTICOS

Son propiedades características de la mayoría de los plásticos, aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales:

- Son baratos. (tienen un bajo coste en el mercado).
- Tienen una baja densidad.
- Existen materiales plásticos permeables e impermeables, difusión en materiales termoplásticos.
- Son aislantes eléctricos.
- Son aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas.

- Su quema es muy contaminante.
- Son resistentes a la corrosión y a estar a la intemperie.
- Resisten muchos factores químicos.
- Algunos se reciclan mejor que otros, que no son biodegradables ni fáciles de reciclar.
- Son fáciles de trabajar.

## TIPOS DE PLÁSTICOS PARA SU RECICLAMIENTO

Los materiales plásticos se dividen en dos grupos: resinas termoplásticas y termoendurecibles. Las resinas termoendurecibles tienen la propiedad de que se hacen rígidas con el tratamiento térmico y aplicación de presión y una vez tratadas nunca pueden ser usadas de nuevo como materia prima porque no se vuelven blandas.

Las resinas termoplásticas, en cambio pueden ser tratadas para su reblandamiento por la acción del calor, pasan a un estado pastoso o líquido que permite su molde. Los productos hechos de resina termoendurecibles no pueden ser reformados, mientras que los hechos de resinas termoplásticas son susceptibles a ser reformados varias veces, es por esto que las resinas termoplásticas son las únicas recicladas, aunque solo una parte de esta resina debido a las diferentes aplicaciones y a la producción de cada tipo de resina termoplástico.

## CODIFICACIÓN DE PLÁSTICOS PARA SU RECICLAMIENTO

Si bien existen muchos tipos de plásticos, los más comunes son sólo seis, y se los identifica con un número dentro de un triángulo formado por tres flechas, cada una de las flechas significa: reusar, reciclar, y reducir, con un número en el centro, de acuerdo al material con el que fue elaborado y distinguiéndose letras abajo del triángulo, las cuales son las siglas del material del cual esta elaborado el producto. Son aplicados a los moldes o impresos en el fondo del recipiente y en las bolsas se imprime en unas de sus caras.



Esta codificación desarrollada por la sociedad de la industria de los plásticos en E.U. (Society of the plastics, Inc, SPI) tiene por objetivo identificar de una manera más fácil el tipo de resina de que se está elaborando el recipiente y facilitar la separación y el reciclaje de los recipientes.

Tabla 1.9 Los plásticos más comunes y su codificación

<b>Nombre</b>	<b>Abreviatura (opcional)</b>	<b>Número de identificación</b>
Polietilentereftalato	PET o PETE	1
Polietileno de alta densidad	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo o Vinil	PVC o V	3
Polietileno de baja densidad	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	PP	5
Poliestireno	PS	6
Otros	Otros	7

**Sociedad de la industria de los plásticos en E.U. (Society of the plastics, Inc, SPI). El código de Identificación es adoptado en México el 25 de Noviembre de 1999 en la NMX-E-232-SCFI-1999 basado en la identificación de Europa y países de América.**

Los principales plásticos reciclados actualmente son el polietileno tereftalato (Pet) y el polietileno de alta densidad (HDPE) por ser los dos tipos de plástico que mas se usan en la elaboración de productos comestibles y usados en productos para la vivienda.

#### **POLIETILEN TEREFTALATO**

El polietilen tereftalato (PET) es un poliéster termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: ácido terftálico y Etilenglicol, aunque también puede obtenerse utilizando dimetiltereftalato en lugar de ácido tereftálico. Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino.

El polietilen tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería.

Sus aplicaciones más importantes dentro de los siguientes sectores: envases y empaques (Bebidas Carbonatadas, Agua Purificada, Aceite, conservas, cosméticos, detergentes y productos químicos, productos farmacéuticos, entre otros.

#### POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

El polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE), es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: inyección, soplado, extrusión, o rotomoldeo.

Su aplicación es para envases de: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, bazar, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, baldes para pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas.

#### POLICLORURO DE VINILO O VINIL

Policloruro de vinilo o vinil (PVC o V), se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43% y sal común 57%. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles (Inyección - Extrusión - Soplado).

Su aplicación es para segmentos rígidos: tubería, botellas (aceites comestibles, shampoo y agua purificada), película y lámina, perfiles, segmento flexible: calzado, película, recubrimiento de cable y alambre, perfiles, loseta.

## POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

Polietileno de Baja Densidad (PEBD) se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, soplado, extrusión y rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.

Su aplicación es para bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. Películas para: Agro (recubrimiento de Acequias), envasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, entre otros).

## POLIPROPILENO

Polipropileno (PP), es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.), se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería.

El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado y extrusión/termoformado.

## POLIESTIRENO

Poliestireno PS cristal. PS es un polímero de estireno monómero (derivado del petróleo), cristalino y de alto brillo. El PS de Alto Impacto es un polímero de estireno

monómero con oclusiones de polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: inyección, extrusión/termoformado, soplado.

Su aplicación es para botes de lácteos (yogurt, postres, etc.), helados, dulces, etc. Envases varios, vasos, bandejas de supermercados y rotiserías. En las heladeras: contraportas, anaqueles. En la cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables y bazar: platos, cubiertos, bandejas, entre otros.

### OTROS (PLÁSTICOS MEZCLADOS Y MULTILAMINADOS)

Los fabricantes también utilizan resinas y recipientes multilaminados menos comunes para envasar productos y comidas que tienen requisitos especiales. Los procesadores están utilizando flujos mezclados de plásticos usados (especialmente polietileno y polipropileno) para producir resinas para los fabricantes de productos grandes que no requieren especificaciones estrictas de resina tales como bancos de jardín, mesas, postes para vallas, defensas para coches, vigas y estacas. Como los plásticos no están seleccionados, los procesadores pueden obtener su alimentación a un costo muy bajo (Ramos, 1996).

### TECNOLOGÍAS DE RECICLADO DE PLÁSTICOS

Los plásticos se pueden reciclar mediante las tecnologías existentes tales como las de extracción, inyección, soplado, vacío, estirado, calandrado, compresión, etc. Los plásticos usados requieren de un procesamiento previo para reutilizarlos en las tecnologías anteriormente mencionadas para producir nuevos productos del mismo material o materiales mezclados. Este procesamiento de plásticos para el reciclaje se lleva a cabo de la siguiente manera.

Los procesadores reciben material usado de los centros de recolección de suministradores en balas que varían en peso desde 136 hasta 771 Kg. En una planta típica de recuperación, las botellas PET y los recipientes HDPE se

transforman en copos limpios (forma en la cual se utilizan en las tecnologías para elaborar productos) mediante los siguientes pasos de procesamiento.

-Rotura de balas y selección: Las balas preseleccionadas se rompen y se depositan en una cinta transportadora par su selección final: se seleccionan las botellas PET manualmente según el color y se separan los plásticos no deseados. Actualmente están desarrollándose sistemas sofisticados para la selección del color y para separar etiquetas mecánicamente.

-Granulado y lavado: Las botellas se transportan en pequeños copos con una granuladora diseñada para cortar copos limpios sin causar excesivo calor, puesto que los fundiría. Los copos se lavan con agua caliente, detergentes y por agitación para separar etiquetas, adhesivos y suciedad y se utiliza un separador centrífugo para separar los copos del agua sucia, papel y restos.

-Separación: Después de lavar los copos, estos se dirigen al deposito de asentamiento, donde el PET se hunde en el fondo y flotan los plásticos más ligeros, como el HDPE. Si la alimentación es casi homogénea, puede hacerse eficiente un solo depósito; si la mezcla no se separa no se separan fácilmente, quizá se necesita una serie de hidrociclones (separadores ciclón o centrífugo) para los flujos pesados y ligeros como el proceso ajustado según la mezcla de botellas.

-Secado: Después de la separación, el flujo original de botellas se ha convertido en flujo de PET y/o un flujo de HDPE. Se utiliza un secador centrífugo para separar el agua se procede a secar los copos con agua caliente para reducir el contenido de humedad hasta aproximadamente el 0.5%.

-Clasificación por aire: La fábricas que granulan recipientes para leche ( u otros productos HDPE con tapas y etiquetas PP) utilizan un paso de clasificación por aire entre el secado centrífugo y secado por aire forzado para separar las piezas ligeras PP .

-Separación electrostática: Las botellas de PET a menudo contienen tapas de aluminio cuando se empacan, y el aluminio granulado aparece en copos de PET. Después del secado, utilizan la separación electrostática para separar el aluminio. El PET limpio se vende en forma de copo pero la mayoría del HDPE se paletiza (bolitas o píldoras). La resina paletizada esta libre de polvo y fluye fácilmente, y el proceso de fundición y cribación (selección de tamaño) mejora la homogeneidad y la pureza. Durante el proceso de extrusión pueden usarse aditivos para cambiar el índice de función o el color. Los procesadores y fabricantes intentan minimizar la historia calorífica (una medida del número de veces que se ha fundido la resina o se a llegado a la temperatura máxima) porque cada calentamiento degrada la resina.

-Extrusión de recuperación: Se fluidiza la resina utilizando un tornillo de extracción, que en términos simplificados es un tornillo sinfín dentro de un cilindro largo. Los copos se colocan en la extrusora en el extremo del tornillo con el diámetro más grande y se comprimen mientras se llevan hacia la boquilla de extrusión. El calor combinado de la fricción producida por el flujo de las bandas de calefacción suplementarias provoca la fundición de la resina, extrayéndose de la mezcla los contaminantes volátiles. Inmediatamente antes se separan las impurezas de sólidos restantes: este paso se conoce como filtración del fundido.

-Peletización: El líquido extraído a través de la boquilla tiene las características de un fideo largo. Mientras pasa a través del orificio, una cuchilla giratoria corta el fideo en segmentos cortos, que caen en un baño de agua , donde se enfrían .Los pelets se secan en un secador centrífugo hasta alcanzar un contenido de humedad del 0.5 % y se envasan para su transporte hasta el cliente.

El cliente utiliza los pelets y los copos para producir nuevos productos mediante las técnicas de moldeo, existen muchas de ellas, pero las más utilizadas para producir botellas y empaques de alimentos, son las técnicas de extrusión, soplado e inyección (Ramos, 1996).

## MODELO POR EXTRUSIÓN

En el moldeo por extrusión se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua. A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Posteriormente se corta en la medida adecuada (Ver Fig.1.3).

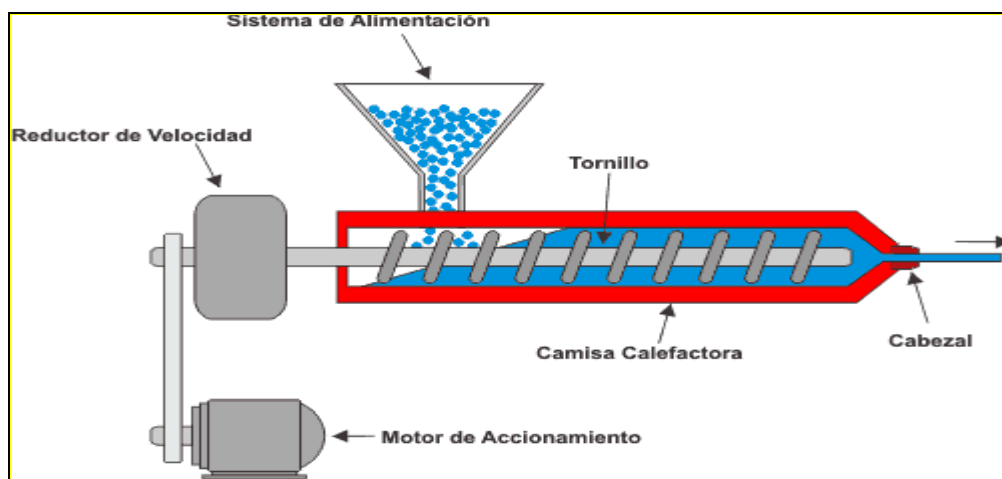


Fig. 1.3 Modelo por extrusión

## MODELO POR SOPLADO

Moldeo por insuflación de aire (soplado), es un proceso usado para hacer formas huecas (botellas, recipientes). Un cilindro plástico de paredes delgadas es extruído y luego cortado en el largo que se desea. Luego el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y le suprime su parte inferior cortándola. Una corriente de aire o vapor es insuflado por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado (Ver Fig.1.4).

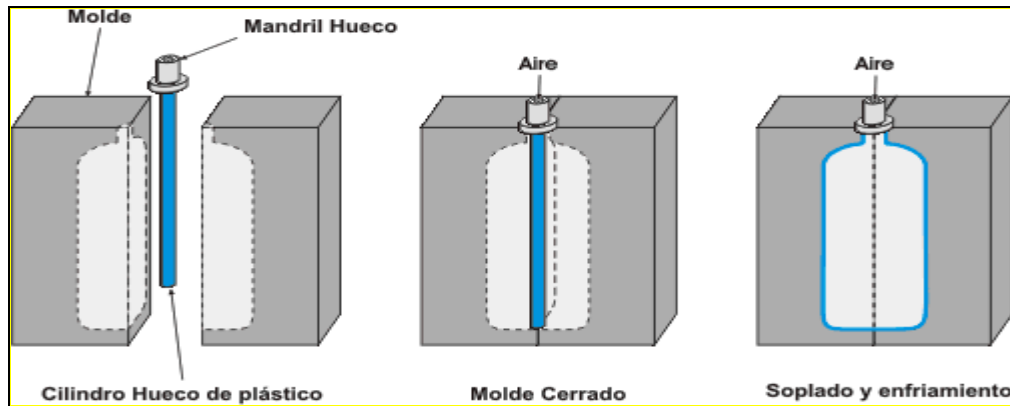


Fig.1.4 Modelo por soplado

## MODELO POR INYECCIÓN

Moldeo por inyección es un émbolo o pistón de inyección se mueve rápidamente hacia adelante y hacia atrás para empujar el plástico ablandado por el calor a través del espacio existente entre las paredes del cilindro y una pieza recalentada y situada en el centro de aquél. Esta pieza central se emplea, dada la pequeña conductividad térmica de los plásticos, de forma que la superficie de calefacción del cilindro es grande y el espesor de la capa plástica calentada es pequeño.

Bajo la acción combinada del calor y la presión ejercida por el pistón de inyección, el polímero es lo bastante fluido como para llegar al molde frío donde toma forma la pieza en cuestión. El polímero estará lo suficiente fluido como para llenar el molde frío. Pasado un tiempo breve dentro del molde cerrado, el plástico solidifica, el molde se abre y la pieza es removida. El ritmo de producción es muy rápido, de escasos segundos (Ver Fig. 1.5), (Ramos, 1996).



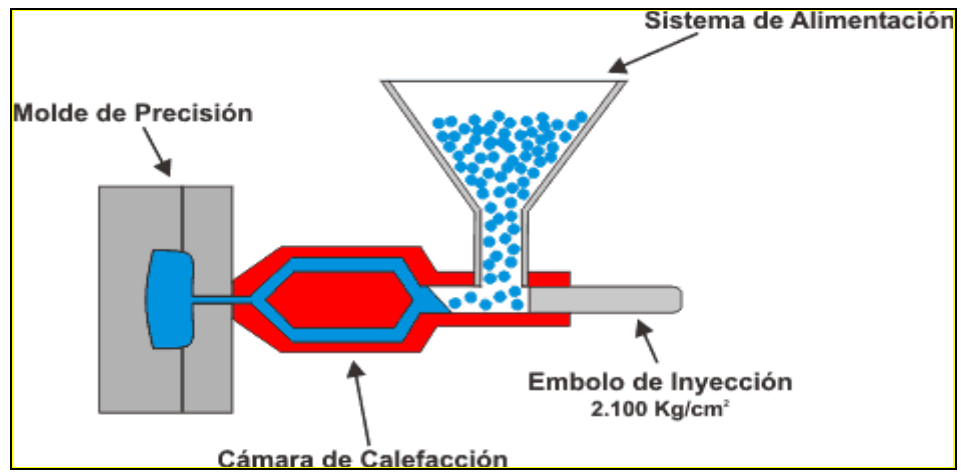


Fig. 1.5 Modelo por inyección

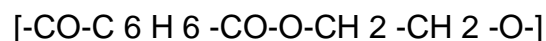
## **CAPÍTULO II**

### **ESTADO DEL ARTE**

## 2.1 LOS ENVASES PET

El PET, cuyo nombre técnico es Polietileno Tereftalato, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941. Catorce años más tarde, en 1951 comenzó la producción comercial de fibra de poliéster. Desde entonces hasta hoy en día, la fabricación de PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico, logrando un alto nivel de calidad y una diversificación en sus empleos.

A partir de 1976 se emplea en la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes, principalmente para bebidas, los cuales, al principio eran botellas gruesas y rígidas, pero hoy en día, sin perder sus excelentes propiedades como envase, son mucho más ligeros. La fórmula química del polietileno tereftalato o politereftalato de etileno es la siguiente:



Su empleo actual es muy diverso; como envase, quizás el uso más conocido, se emplea en bebidas carbónicas, aceite, aguas minerales, zumos, té y bebidas isotónicas, vinos y bebidas alcohólicas, salsas y otros alimentos, detergentes y productos de limpieza, productos cosméticos, productos químicos, lubricantes y productos para tratamientos agrícolas.

También se emplea en contenedores alimentarios, láminas, audio / video y fotografía, embalajes especiales, aplicaciones eléctricas y electrónicas. Además, existe un amplio sector donde este material se emplea en la construcción de diversos elementos; fibra textil, alfombras, tuberías, perfiles, piezas inyectadas, construcción, automoción, entre otros.

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y

aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales como por ejemplo, el PVC.

La fabricación de estos envases se consigue en un proceso de inyección-estirado-soplado que parte de la resina de PET. Esta resina se obtiene a partir de dos materias primas derivadas del petróleo; etileno y paraxileno, presentándose en forma de pequeños cilindros o chips, los cuales, una vez secos se funden e inyectan a presión en máquinas de cavidades múltiples de las que salen las preformas, recipientes similares a tubos de ensayo pero con rosca para un tapón.

Estas son sometidas a un proceso de calentamiento controlado y gradual y a un moldeado donde son estirados por medio de una varilla hasta el tamaño definitivo del envase. Por último son "soplados" inflados con aire a presión limpio hasta que toman la forma del molde.

Gracias a este proceso, las moléculas se acomodan en forma de red, orientándose en dos direcciones; longitudinal y paralela al eje del envase, propiedad denominada biorientación la cual aporta la elevada resistencia mecánica del envase.

El reciclaje se facilita con el empleo de envases de PET transparente, ya que sin pigmentos tiene mayor valor y mayor variedad de usos en el mercado, evitando los envases multicapa, así como los recubrimientos de otros materiales, que reducen la reciclabilidad del PET, aumentando el empleo de tapones de polipropileno o polietileno de alta densidad y evitando los de aluminio o PVC que pueden contaminar grandes cantidades de PET, así como la inclusión de etiquetas fácilmente desprendibles en el proceso de lavado del reciclador, evitando sistemas de impresión serigráfica que provocan que el PET reciclado y granulado tenga color, disminuyendo sus posibilidades de uso, mercados y precio, así como las etiquetas metalizadas o con pigmentos de metales pesados que contaminan el producto final.

## **2.2 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE ENVASES PET EN PAISES DESARROLLADOS**

El PET es un material que acepta perfectamente su reciclado. Presenta una demanda creciente en todo el mundo, lo cual se aprecia, por ejemplo, en los 450 millones de toneladas de PET empleados anualmente en Europa, casi 300 toneladas en envases. En Europa, es a partir de la aprobación de la Directiva Comunitaria 94/62/CE que ha sido modificada en diferentes años que establece el marco de actuación en el que se han de mover los estados miembros en lo que respecta a la política sobre los envases y los residuos de envases que se generan en sus respectivos territorios, cuando el envase de PET sufre un auge muy importante en su recuperación. Se espera que para más tardar el 31 de diciembre del 2008, reciclar entre un mínimo de 55% y un máximo del 80% en peso de los envases (La Directiva 2004/12/CE ).

Hace quince años, existían muy pocos recuperadores de PET, obteniendo una producción muy pequeña, principalmente a partir del material recuperado en plantas de reciclaje de RSU. En España cambia radicalmente esta situación con la aprobación de la Ley de envases y residuos de envases 11/97 de 24 de Abril, que responde ante el impacto medioambiental ocasionado por el gran volumen de envases, y el posterior residuo generado, con el objetivo de prevenir y reducir el impacto sobre el medio ambiente de los envases.

A través de esta ley se establecen los medios y métodos: Sistemas Integrados de Gestión, para favorecer la recogida selectiva de este material junto con otros envases. Se construyen plantas de selección de estos materiales por todas las Comunidades Autónomas, se fomenta la recuperación desde la basura en masa y se realizan campañas de sensibilización ciudadana. En consecuencia, en pocos años se multiplica la recuperación de PET.

Según la Asociación Nacional de Empresarios de PET ANEP, que agrupa a los distintos sectores industriales relacionados en este sector, la producción en España de botellas de PET alcanzó, en el año 2001, una producción total de 500 millones de botellas, de las cuales, 15.200 toneladas procedían de procesos de reciclado, a lo que se suman 21.400 toneladas que se valorizaron energéticamente, lo que supuso una recuperación de 36.600 toneladas de PET.

Las previsiones realizadas para el año 2003 fueron producir 425.000 toneladas de PET virgen, lo que supone un incremento del 30% con respecto al año anterior, y, recoger unas 49.900 toneladas de PET, destinando 22.600 toneladas a reciclado y 27.300 toneladas a valorización energética. Estas cifras contrastan con las 450 toneladas recogidas en el año 1997; un enorme incremento en tan solo seis años.

La Normativa Alemana para Envases y Embalajes del 12 de junio de 1991 puso fin a esta situación agravante que padecía dicho país ya que los desechos de envases contribuían a un fuerte problema. La Normativa de Envases y Embalajes alemana obliga a la industria y al comercio minorista a recuperar y reciclar envases y embalajes de transporte, secundarios y de consumo.

Con referencia a este último tipo de productos, establece que los fabricantes y distribuidores pueden utilizar los servicios de una tercera parte, el Sistema Dual (*Dual System Deutschland* - DSD) con el fin de cumplir con la obligaciones impuestas por la propia normativa, los empaques que están marcados con un punto verde, deben ser tirados en contenedores especiales.

El motivo por lo que muchas envolturas en Alemania cuentan con ese punto verde, fue una ley de empaque, dictada a principios de la década de los 90, que obliga a la industria a reciclar la basura producida por las envolturas de sus productos. La industria paga una cuota al sistema dual. Esta cuota autoriza a los productores a estampar el llamado "punto verde" en la envoltura de sus productos. El Sistema Dual se hace cargo entonces de la organización, recolecta, reciclado y desecho de

las envolturas. Comisiona a diferentes empresas con las diferentes tareas y les paga con el capital recolectado del pago de permisos.

Debido al enfoque de responsabilidad extendida de fabricantes, Alemania y Austria tienen costos muy altos ya que toda la responsabilidad recae en los fabricantes (envasadores); en Bélgica y Francia se sigue un enfoque de responsabilidad compartida, donde las autoridades juegan un papel en todo el sistema de recolección y sólo el costo adicional por encima del costo normal del manejo y disposición de los residuos es pagado a través de los sistemas alternativos.

En Europa el PET es utilizado para reforzar el pavimento de las carreteras y en Japón como fuente de energía y posteriormente las cenizas las reaprovechan para obras de pavimentación. China lo utiliza para hacer prendas de vestir. Estados Unidos y Canadá son los países que más compran PET.

En los Estados Unidos de América, tradicionalmente los residuos eran recolectados y posteriormente se depositaban en los sitios de disposición final, pero en las últimas décadas se introdujo el manejo integral, que incluye programas de reciclaje, compostaje e incineración y, como última alternativa, disposición tradicional.

El sector privado es quién se dedica a la recolección de residuos. En los últimos años, la competencia entre los diferentes recolectores privados ha fomentado un enorme número de innovaciones, tales como nuevos tipos de camiones de recolección o camiones especializados en transportar los residuos reciclables para su posterior reprocesamiento, lo cual ha generado una reducción de hasta 20% en los costos de reciclaje.

En los Estados Unidos se recicla casi un tercio de las botellas de PET por año. En 1994 se recicló el 48% de todos los envases de gaseosas. Los materiales de packaging (bebidas, comidas, perfumes y cosméticos, productos para el hogar, licores, productos farmacéuticos) de PET representan, aproximadamente, sólo el 0,3 % del total de los residuos sólidos urbanos.

Más de 7.000 comunidades de los Estados Unidos tienen programas de recolección diferenciada de botellas de PET. Muchas comunidades tienen estaciones de recolección local. Las aplicaciones del PET reciclado son alfombras, fibras, films, envases para alimentos y productos no alimenticios, componentes de moldeo, ropa y geotextiles.

En EAU 1988, el Instituto de las Botellas Plásticas de la Sociedad de la Industria de los Plásticos (SPI) propuso crear un sistema de codificación para simplificar la identificación de los materiales con los que se fabrican envases rígidos de plástico. El propósito de la codificación es auxiliar a empresas recicladoras en la selección de los plásticos, de acuerdo con el tipo de resina con que están fabricados.

El sistema fue diseñado para ser usado voluntariamente por los productores de botellas y envases rígidos, de modo que el código quede aplicado durante el moldeo o impreso por algún otro método, en la base del contenedor de plástico.

El sistema de codificación ha sido adoptado por gran cantidad de industrias, no sólo en EUA sino en el mundo entero, pues provee una marca de identificación consistente, que resuelve las necesidades de la industria recicladora, tal como fueron planteadas por las mismas empresas seleccionadoras y recicladoras.

El sistema fue diseñado para dar también facilidades a las personas que seleccionan los envases desechados, evitando complejidades que hubieran requerido una capacitación extensiva de los trabajadores y que hubieran podido conducir a confusiones o equivocaciones.

### **2.3 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE ENVASES PET EN PAÍSES DE AMERICA LATINA**

El panorama para la demanda de PET en la región latinoamericana a incrementado desde la década pasada. La mayor parte de la demanda de PET en esta región es para envases para bebidas carbonatadas (CSD, por sus siglas en inglés). El sector



del agua embotellada es el de más rápido crecimiento en cuanto al uso de envases de PET en América latina. Las aguas saborizadas a crecido en tasas muy altas y éstas se envasan casi exclusivamente en PET. Mientras que la cerveza sigue siendo una importante aplicación potencial para el PET en América latina.

Entre los aspectos que han llevado a los empresarios en América latina a fijarse en materiales reciclables como los envases Pet, a sido el cambio de moneda, el material virgen se compra a un precio muy elevado, es más económico para los empresarios comprar plásticos reciclados que importar las materias primas vírgenes, Cuando se pueden remplazar las resinas vírgenes por plásticos recuperados, los compradores pueden ahorrar entre 40 y 50% de los costos. Todos estos factores han generado un aumento en la cantidad de toneladas procesadas.

En Brasil la Asociación Brasileña de la Industria (ABIPET) fue fundada en 1995 y congrega a los fabricantes de la resina PET, a los fabricantes de envases en este material y a los recicladores de los envases post-consumo. Sus asociados representan el 90% de la industria brasileña del sector, y es comandada por ejecutivos independientes. La entidad atiende a miles de personas interesadas en el negocio del reciclado, o en el mercado de los envases. La asociación actúa dentro de los conceptos de la responsabilidad social y la protección ambiental, asuntos que son conducidos dentro de las comisiones temáticas, especialmente creadas.

La asociación ABIPET trabaja en el sentido de concientizar a la población para el descarte adecuado de los envases. En otras palabras, ellos deben ser encaminados por instituciones especializadas, cooperativas, entidades benéficas, puntos de entrega voluntarios y hasta por los mismos recolectores.

Los resultados que ABIPET ha dado a conocer que en el 2004, registró un crecimiento en los sectores de producción de envases y en el de reciclaje post – consumo. La producción de envases PET creció 9% entre 2003 y 2004, en cuanto la industria recicladora reflejó un incremento bien superior, del orden del 22%. Con

este indicador, el porcentaje de reciclaje pasó al 48%, constituyéndose en uno de los mayores del mundo.

El crecimiento en el reciclado de PET en Brasil es (desde 1997) superior al 20% al año, con cimas como el del año 2003, cuando ese crecimiento llegó al 35%. Desde hace once años, cuando esos datos comenzaron a elevarse, el crecimiento fue de 1.200%. Los números absolutos son: 360 mil toneladas de envases producidos y 173 mil toneladas reciclados. La diferencia continúa siendo desperdiciada, debido a la falta de sistemas de recolección selectiva u otras alternativas, a pesar de todo el esfuerzo de la Industria brasileña por recuperar los envases usados.

Aunque Brasil sea uno de los países que más recicla envases PET en América latina hay grandes compañías vinculadas y dedicadas a esta causa. Unas se dedican a actividades especializadas como acopio, transformación de los materiales o comercialización de resinas recuperadas y otras se involucran con todo el proceso, desde la recolección y procesamiento del material hasta la introducción al mercado de un producto final, por mencionar algunas se encuentran:

En Colombia (Cali), la Industria Plástica del Pacífico, recibió en 2006 la condecoración al reciclador del año en la categoría de industria por el "Programa de Recuperación y Transformación de Plásticos". Esta empresa cubre el proceso completo de reciclaje que consiste: la recolección del material directamente en los basureros posteriormente se selecciona el polietileno y el polipropileno, y se clasifica por color, se muele el material y se lava. El material limpio pasa a un decantado, del cual toman el plástico de densidades menores a uno y lo muelen por segunda vez para quitar las suciedades que aún están pegadas. Vuelven a decantar y proceden al secado. Para estos procedimientos tienen molinos con capacidad de procesar 800 kg/h y secadoras de 800 kg/1.5h.

Industrias del Pacífico procesa cerca de 1.500 toneladas de material recuperado al año. Con el fin de incursionar en el tratamiento de los envases PET, la compañía construyó una planta que procesa 10 toneladas diarias desde el 2007.

Emprecol es otra empresa colombiana que se dedica a la recolección primaria y la comercialización de 12 a 15 toneladas mensuales de plástico para reciclar. Su proceso consiste en limpiar el material con una máquina que funciona al de una lavadora de ropa y después se pasa a una secadora que consta de un tubo accionado por gas, que produce una llama, la cual va a un compresor de aire que calienta la cámara y seca el material, después de eso se somete a un proceso de remolido. Esta empresa colombiana vende el producto reciclado a pequeñas empresas que lo utilizan para elaborar mangueras y partes de bicicletas y para la comercialización, entre otros.

En Uruguay, Universal Plastic fomenta el reciclaje de PET a partir de botellas post-consumo. La organización, ubicada en Totoral del Sauce (en el departamento de Canelones), impulsa la creación y la dotación de micro centros de recolección y clasificación en Montevideo y algunos departamentos de ese país. Después de la fase de acopio, las botellas son molidas, lavadas, secadas y procesadas en una extrusora monohusillo, de tecnología alemana, con desgasificación. La organización provee al mercado nacional e internacional gránulos, láminas, escamas y productos finales como fólderres en colores verde, negro y transparente.

En Argentina la Asociación Civil Pro Reciclado del PET (ARPET), una organización independiente y sin fines de lucro que concentra su actividad en los envases de PET post-consumo, cuyos asociados actuales incluyen a productores de resina PET, transformadores, productores de envases y recicladores. Hace diez años ARPET procesaba 780 anuales y actualmente recicla 48 mil, un incremento del 6.000%. Su labor se concentra en proyectos vinculados a pequeñas y grandes comunidades. Promovemos la recolección diferenciada formal e informal para una posterior reclasificación por parte de los municipios.

## **2.4 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE ENVASES PET EN MÉXICO**

La explosiva generación de desechos de PET (tereftalato de polietileno) ha creado un mercado de reciclado cuyo valor potencial asciende a 700 millones de dólares

anuales; sin embargo, hasta el momento sólo se aprovecha solo el 15 por ciento de las 500 mil toneladas que se producen en el país.

Los residuos de envases de PET con base en cifras oficiales sólo representan el 1.5% en peso y del 7 a 10% el volumen del total de los residuos en el relleno sanitario. México es el segundo consumidor de la resina para su producción en botellas. Ya que es el segundo consumidor mundial de refrescos.

Según cálculos de la CONCAMIN, en México cada año se producen 9 mil millones de botellas, que representan casi una tercera parte de la basura doméstica generada en el país.

Anualmente en promedio, 90 millones de botellas de refrescos y agua purificada son lanzadas a las vías públicas, bosques y playas de México. Estimaciones científicas señalan que las botellas de PET demoran hasta 500 años en degradarse al ambiente.

Las principales empresas fabricantes de refrescos, agua purificada, agua mineral, salsas y aderezos, usuarios de envases de PET, participan a través del Plan de Manejo de los Residuos de Envases de PET de tipo voluntario y proactivo, basado en la responsabilidad compartida administrado por ECOCE.

En 2002 se creó parte de la industria de envases y embalajes, ECOCE - Ecología y Compromiso Empresarial A.C., una unión de 75 de los 190 refresqueros, embotelladores y envasadores mexicanos. El sello se asemeja el sello alemán del Punto Verde, aunque ni siquiera ECOCE se define como recicladora, sin embargo, se comprometió a recuperar un 36.5% de las botellas de PET – lo que representan 23,000 toneladas por año de los 63,000 que se generan sólo en el Distrito Federal.

ECOCE A.C. es una Asociación civil sin fines de lucro con recibos deducibles de impuestos y autorizada para recibir donativos. ECOCE para vacunarse contra la volatilidad del precio del PET se comprometió a establecer un precio de garantía para el PET reciclado. Éste no puede ser menor al peso por kilogramo.

Para asegurar el abasto, se pensó en que las empresas usuarias de los envases de PET, por cada kilogramo que pongan en el mercado, contribuyan con un peso. De esta forma se haría un fondo que apoyaría la compraventa del PET. Por ahora, Coca-Cola, Pepsi-Cola, Del Valle, Garci Crespo, Derivados de Frutas, Bonafont y Electropura se han mostrado accesibles a esta propuesta.

Las plantas en operación de ECOCE hasta el cierre del 2003 son: Valle de México, que atiende al D.F., Estado de México, Morelos e Hidalgo; Monterrey, para Nuevo León y este de Coahuila; Guadalajara, para Jalisco, Colima, Nayarit y norte de Michoacán; San Luis Potosí, para todo el estado y Aguascalientes; Veracruz, para centro y sur del estado; Cancún, para el corredor turístico y Riviera Maya; Tampico, para el centro y sur de Tamaulipas, así como norte de Veracruz, y Acapulco, para centro y sur del estado de Guerrero .

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Confederación de Cámaras Industriales, Concamin y la Asociación Ecología y Compromiso Empresarial, ECOCE, lanzaron oficialmente el pasado 15 de mayo del 2003 , la Campaña Nacional para el Manejo de Residuos de PET (polietileno tereftalato). El objetivo era que para el año 2006 se reciclen 2 mil 610 millones de botellas PET/año, volumen con el que se podría llenar dos veces el estadio Azteca. Año con año ECOCE a lanzado la campaña de comunicación de tipo cívico, ecológico y educacional para Invitar a la población en general al cambio de actitudes y malos hábitos de disposición de los residuos de envases, difundir la importancia de la responsabilidad compartida de todos los sectores de la sociedad, hacer conciencia sobre la necesidad de tener y mantener un País limpio entre esas campañas se encuentran “no manches” 2003 , “no manches II “ 2004, “únete al eco-rescate “ 2005 , “recupera tu futuro” 2006 , “campaña 2008”.

ECOCE estima que de las 30 mil toneladas de PET que anualmente se reciclan, el 75 por ciento se exporta primordialmente a países asiáticos, quienes nos devuelven este plástico ya integrado en productos como juguetes, bolsas y zapatos. El valor

actual de la incipiente industria de reciclaje del PET en México se calcula en \$44 millones.

## GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE ENVASES PET EN EL ESTADO DE VERACRUZ

La delegación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) dio a conocer que Veracruz ocupa el sexto lugar nacional en generación de basura, con más de seis mil toneladas diarias. La dependencia acotó que cada veracruzano genera en promedio 900 gramos de basura diarios, cantidad superada por los habitantes de la zona conurbadas Veracruz-Boca del Río, quien en promedio generan un kilogramo 100 gramos al día y que hay 600 tiraderos a cielo abierto en la entidad.

En el estado de Veracruz se han realizado programas y con buenos esfuerzos como los del DIF estatal para impulsar la cultura del reciclaje y tratamiento de la basura, la realidad es que en la entidad la cultura del manejo de los desechos es mínima. A esto, precisó, se debe sumar que de las 6 mil toneladas diarias de basura que se generan en el estado, entre 2 mil y 2 mil 500 llegan a los rellenos sanitarios y el resto acaba en los más de cien tiraderos a cielo abierto que existen en Veracruz.

A esta problemática se pretende realizar talleres para difundir la NOM-083 SEMARNAT para poder en marcha la construcción de 25 rellenos sanitarios en diversas partes del estado, por lo que la estrategia es conseguir que se incremente la vida útil de los mismos, y con este programa se hace un llamado serio de participación para los tres niveles de gobierno para realizar la separación de los residuos.

El gobierno federal de Veracruz a realizado programas exitosos apoyado por la SEMARNAT, municipios del estado y diversas instituciones del sector social, educativo y privado. El programa “Échale Galleta al Reciclaje” donde se

desarrollaron talleres de reciclaje y exposiciones de artículos diversos elaborados con material reciclado, además de que funcionò como centro de acopio, para envases PET y otros materiales reciclables (papel, cartón, pilas, neumáticos, etc.). Se acopiaron 750 mil kilogramos, que equivalen a aproximadamente 25.5 millones de envases, que fueron recuperados antes de llegar a los rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto.

Ciudades como Orizaba Veracruz se han sumado a la tarea de realizar programas de centros de acopio para al recolección de envases PET, el programa ¿Qué PET en Orizaba? es una muestra de ello, la primera etapa que consistía en centros de acopio en las escuelas donde funciono de manera favorable y la segunda etapa ha consistido en que la ciudadanía depositen los envases PET en la esquina más cercana a su domicilio los días lunes en un horario de 9 a 11pm.

Municipios como Xico y Ixtaczoquitlán han continuado con el programa de recolección de envases PET llevando de una forma exitosa en las diferentes escuelas de los municipios que sirven como centro de acopio, en el municipio de Xico se ha podido recaudar más de 6 toneladas. En Ixtaczoquitlán el acopio de envases PET trae beneficios ya que el gobierno de los recursos económicos que se obtienen en la venta de los envases PET ayuda al mejoramiento de los planteles de las escuelas que apoyan dicho programa.

## **CAPÍTULO III**

### **GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS (PET) EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN**



### 3.1 APLICACIÓN DE LA NMX-AA-015-1985 Y NMX-AA-022-1985 EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN

Para conocer la generación de residuos sólidos que el Tecnológico de Minatitlán genera fue necesario conocer la cantidad de residuos provenientes de las diferentes fuentes de generación (contenedores, sanitarios y áreas verdes) así como aplicar las normas NMX-AA-015-1985, NMX-AA-022-1985 para poder precisar la cantidad de subproductos desechados.

Las bolsas de polietileno provenientes de cada una de las diferentes fuentes, fueron pesadas una por una. Se presentan a continuación los siguientes datos en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Cantidad de residuos provenientes de su fuente de generación.

GENERACIÓN (Kg)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
Contenedores	228.811	89.314	83.062	131.213	135.816
Sanitarios	-	16.2	-	-	20.632
Áreas verdes	119.942	101.598	73.915	74.866	48.449
<b>PESO TOTAL DE LA GENERACIÓN Kg</b>	<b>348.75</b>	<b>207.11</b>	<b>156.97</b>	<b>206.079</b>	<b>204.897</b>

Total de generación por semana: 1,123.806 Kg /semana

Total de generación por mes: 4,869.826 Kg /mes

## METODOLOGÍA DE LA NMX-AA-015-1985 Y NMX-AA-022-1985

La NMX-AA-015-1985 establece el método de cuarteo para residuos sólidos Municipales, su metodología integra los siguientes pasos:

-Para realizar el cuarteo se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos. En ningún caso se toma más de 250 bolsas para efectuar el cuarteo.

-El contenido de dichas bolsas, se vacía formando un montón sobre un área plana horizontal de 4 m x 4 m de cemento pulido o similar y bajo techo.

-El montón de residuos sólidos se traspalea con pala y/o biello, hasta homogeneizarlos, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A B C y D y se eliminan las partes opuestas A y C ó B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg de residuos sólidos con los cuales se debe hacer la selección de subproductos.

En lo que respecta la NMX-AA-022-1985, establece que con la muestra ya obtenida, se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, de acuerdo con la siguiente clasificación:

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| - Algodón                   | -Lata                           |
| - Cartón                    | -Loza y cerámica                |
| - Cuero                     | - Madera                        |
| - Residuo fino              | - Material de construcción      |
| - Envase de cartón encerado | - Material ferroso              |
| - Fibra dura vegetal        | - Material no ferroso           |
| - Fibras sintéticas         | - Papel                         |
| - Hueso                     | - Pañal desechable              |
| - Hule                      | - Plástico rígido y de película |
| - Madera                    | - Poliuretano                   |
| - Poliestireno expandido    | - Vidrio de color               |

- Residuos alimenticios
- Residuos de jardinería
- Trapo
- Vidrio transparente
- Otros

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado y se anota el resultado en la hoja de registro.

## RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-015-1985 Y NMX-AA-022-1985

Las actividades de muestreo se realizaron en el área de compostaje en un horario de de 8 a 12 del día, se necesitaron los siguientes instrumentos: báscula con capacidad de 100 Kg, palas, bieldos, rastrillos, lonas, guantes y tapa bocas. De acuerdo con la NMX-AA-022-1985 la cuantificación se efectuó durante una semana.

La semana en la que se realizo la practico el clima estuvo con un poco de lluvia en la mañana por lo que no se realizo la practico el día viernes hasta el sábado por el mal tiempo. Los residuos sólidos se mojaron y esto provoca un aumento de peso en varios subproductos como; el papel, residuos de jardinería, pañal desechable, trapo, cartón y envases de cartón encerado.

Otros subproductos como los envases; pasticos rígidos, vidrio transparente, cartón encerado contenían residuos de líquido por lo que fue necesario vaciarlos así como también desprenderlos de sus etiquetas ya que las etiquetas son pesadas como subproductos de plástico de película.

Los datos arrojados de los días lunes a viernes, de la fecha 28 de enero al 2 de febrero del 2008, que fue el primer día de clases inicio de semestre ene-jun, se muestran en la Tabla 3.2, estos datos fueron anotados en las hojas de registro como lo marca la NMX-AA-022-1985 ( ver Anexo 1) .

En la Tabla 3.3 se muestra la generación mensual real, basados en los datos arrojados de la cuantificación de los residuos por día, así como la cantidad de subproductos generados por día a partir de una muestra representativa de 50 Kg como mínimo, con base a estos datos se calcula la generación mensual.

### LOS ENVASES PET, EL SEGUNDO SUBPRODUCTO MAYOR GENERADO EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN

Los subproductos más representativos en el análisis son los provenientes de residuos de jardinería, tal como los envases plásticos y el papel con cantidades mucho mayores a la del vidrio, aluminio o envases de cartón, siendo así los 3 subproductos que mayor genera el Instituto Tecnológico y a su vez ocupan un gran volumen.

En la Figura 3.1 se muestra a los 3 subproductos más significativos, en comparación con los demás, siendo muy notoria la gran cantidad de plásticos rígidos, ocupando un segundo lugar con una cantidad de 1,058.543325 Kg/mes, cantidad sumamente significativa.

### 3.2 PROGRAMA DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL

La necesidad de desarrollar un programa de concientización ambiental es una parte fundamental, puesto que la participación del personal y alumnos de la institución es necesaria la separación de los residuos que la institución genera. Esto es la parte más difícil y complicada, el lograr cambio de actitudes y comportamiento en las personas.



Tabla 3.3 Generación real por mes de los subproductos.

SUBPRODUCTOS	Kg/MES
Cartón	209.9124636
Envase de cartón encerado	27.63178927
Lata	24.71465022
Madera	31.11614979
Material ferroso	47.26845671
Papel	879.8685585
Pañal desechable	4.051582004
Plástico de película	189.7490905
Plástico rígido	1058.543325
Poliuretano	68.2016304
Poliestireno expandido	44.02719111
Residuos alimentarios	65.77068119
Residuos de jardinería	1758.926801
Trapo	13.50527335
Vidrio de color	70.6325796
Vidrio transparente	366.3980659
Otros	9.507712436
Total	4869.826

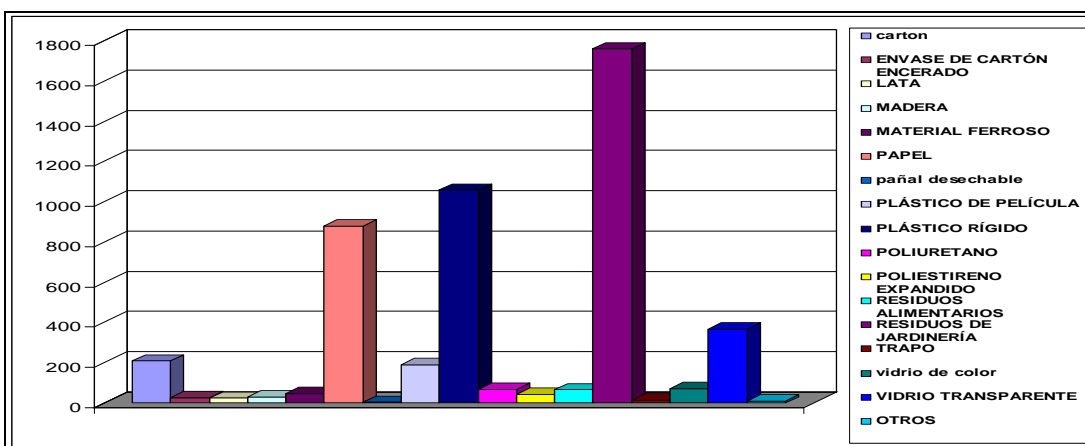


Figura 3.1 Los residuos más generados en el Tecnológico de Minatitlán (áreas verdes, plásticos rígidos y papel).

Para que los envases PET tengan una gestión adecuada es conveniente que éstos estén separados del resto de la demás basura, por ello es necesario la implementación de un programa de concientización ambiental que llegue directamente a la población estudiantil y consiga lograr actitudes y comportamientos concientes ambientalmente, para lograr una separación correcta de los envases PET.

La implementación del programa consiste en:

- \*Difundir en la institución mediante diferentes medios (folletos, semanas culturales, programas de radio, contacto directo, creación de un blog en la página oficial de la institución), las ventajas que trae la separación de residuos dentro del instituto tecnológico.

- \*Fomentar entre la población estudiantil la responsabilidad de la reducción en la cantidad de residuos que producen en su área de estudio, fomentando la separación, reutilización y separación de materiales.

- \*Realizar jornadas de limpieza y campañas de concientización intensivas en los puntos críticos de acumulación de basura de las distintas áreas, teniendo contacto directo con los estudiantes, escuchando sus inquietudes y brindándoles toda la información posible.

- \*Estimular a los estudiantes a través de sus docentes, que deseen llevar este tema al aula, fomentando la separación de residuos en todas las especialidades.

- \*Facilitar la interacción entre diferentes actores sociales.

- \*Organizar eventos dentro y fuera de la institución que incentiven la participación de la población estudiantil, y donde se fomente la importancia de separar los envases PET y los beneficios que traería.

### **3.3 RECOLECCIÓN DE DESECHOS PLÁSTICOS EN LAS INSTALACIONES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN**

Es necesaria la instalación de botes de basura alrededor de la institución exclusivamente para envases PET, estos deben ser de gran capacidad, distintivos, llamativos a fin de atraer la atención. El tamaño de los botes debe tener una capacidad suficiente para que los botes no se desborden, ya que los envases PET son el segundo residuo de mayor cantidad que se genera en la institución y es el que mayor volumen ocupa en los contenedores, por eso la importancia de poner botes exclusivos para tales residuos y suficientemente amplios. Los residuos de envases PET deben ser recolectados y almacenados para posteriormente ser trasladados a un centro de compra y venta de plásticos PET.

La iniciativa de implementar un programa para que los envase plásticos estén separados, es evitar que éstos se revuelvan con el resto de la basura. El programa consta de que:

- \*Cada aula contará con botes de basura de color amarillo con un volumen de 0.1 metros cúbicos para depositar los envases PET.

- \*Colocar los botes de color amarillo con un volumen de 0.2 metros cúbicos en lugares estratégicos como: cafetería, palapas y papelerías ubicadas dentro de la institución.

- \*Realizar jornadas de limpieza a la semana en cada especialidad para que los estudiantes se vayan sensibilizando día con día, de esta forma lo verán como una manera divertida y así contribuir a la recolección de los envases PET. Las jornadas consiste en:

- El depósito se hará únicamente los lunes por cada especialidad y con supervisión de titulares.



-Ganará la especialidad que junte “mayor peso de envases PET”. Solo se tomarán en cuenta los envases limpios, secos y totalmente vacíos.

- Los titulares llevarán el control y vigilarán que se depositen adecuadamente los envases limpios y secos.

-Los días martes se darán los resultados de la especialidad que haya recaudado mayor peso de envases PET.

Con estas acciones se fomenta la sensibilización y la responsabilidad compartida en el manejo adecuado de los envases PET dentro de la institución.

### **3.4 CONSTRUCCIÓN DE UN CENTRO DE ACOPIO EN EL TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN**

La gran cantidad de residuos de envases PET generados por el Instituto Tecnológico de Minatitlán hace visible la necesidad de tomar una medida rápida y urgente al problema, debido a la nula degradabilidad en el ambiente de este tipo de residuos, todo con el fin de reducir el impacto ambiental que causan este tipo de desechos.

Se generan 1,058.54 Kg/mes, por lo cual es necesaria la construcción de un centro de acopio para darle un adecuado manejo dentro de la institución, y promover una cultura ambiental de separación de los residuos.

La importancia de tomar las medidas necesarias, es porque ya que existe una gran demanda de este material en el mercado y lograr ser intermediarios entre la generación y el proceso de reciclaje.

Todo ello con la finalidad de lograr una adecuada gestión y reducir el daño ambiental.

## UBICACIÓN DEL CENTRO DE ACOPIO EN LAS INSTALACIONES DEL TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN

Para la ubicación del centro de acopio se realizó una inspección visual en todo el tecnológico para ver las áreas disponibles, se tomó en consideración por ser el terreno más apropiado que se encuentra al lado del área de compostaje, ubicado enfrente de las canchas de béisbol (Ver Fig. 3.2). Se toma como la más apropiada esta área, por ser amplia, ya que se necesitará suficiente espacio para la cantidad de envases que se generan, así como para las herramientas y equipos a utilizar, además para el transporte de los envases PET porque está cerca del estacionamiento interno de la institución y accesible para el transporte y el manejo de los residuos.



Fig. 3 .2 Vista de la ubicación del centro de acopio, a un costado del área de compostaje y enfrente de la cancha de béisbol.

## DIMENSIONES Y COSTOS DEL CENTRO DE ACOPIO EN LAS INSTALACIONES DEL TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN

Las dimensiones adecuadas para la construcción del centro de acopio son basadas en la cantidad de residuos que genera el tecnológico mensualmente, una cantidad de 1,058.54 Kg/mes, el volumen que ocupa es  $38.49 \text{ m}^3$ , por lo consiguiente las medidas adecuadas en base a los cálculos son: 8 m de ancho x

10 m de largo x 6m de altura. En función a los valores referentes a los envases PET de 5.5 Kg en un volumen de  $0.2\text{m}^3$ , se calculo el volumen que hay en 1,058.54 Kg de PET.

### **Cálculos**

$$\frac{1058.54 \text{ Kg.} \times 0.2\text{m}^3}{5.5 \text{ Kg}} = 38.49 \text{ m}^3$$

Se tomó como un valor arbitrario 8 m de ancho tomando en cuenta las dimensiones que ocupan las maquinarias y el espacio suficiente como entrada y salida para herramientas, el transporte de los envases PET y el tránsito peatonal.

Se tomó como 1 metro de altura porque los envase PET estarán almacenados en sacos industriales que tienen capacidad de almacenar 500 Kg molido o bien de 70-80 Kg en su estado natural y si son compactados estarán almacenados en forma de paca, por lo consiguiente el volumen se reducirá y el espacio sobrante estará libre para la altura de la maquinaria y herramientas, quedando un espacio suficiente de 5 m de altura.

### **Cálculos**

$$38.49 \text{ m}^3 / 8 \text{ m de ancho} \times 1 \text{ m de altura} = 4.81 \text{ m de largo}$$

$$4.81 \text{ m de largo} + 5 \text{ m Considerando material y/o herramientas} = 10 \text{ m de largo.}$$

De esta forma con un largo de 4.81 m calculados se consideró dejar 5 m para maquinarias, espacio para los envases PET almacenados en sacos industriales y tránsito peatonal.

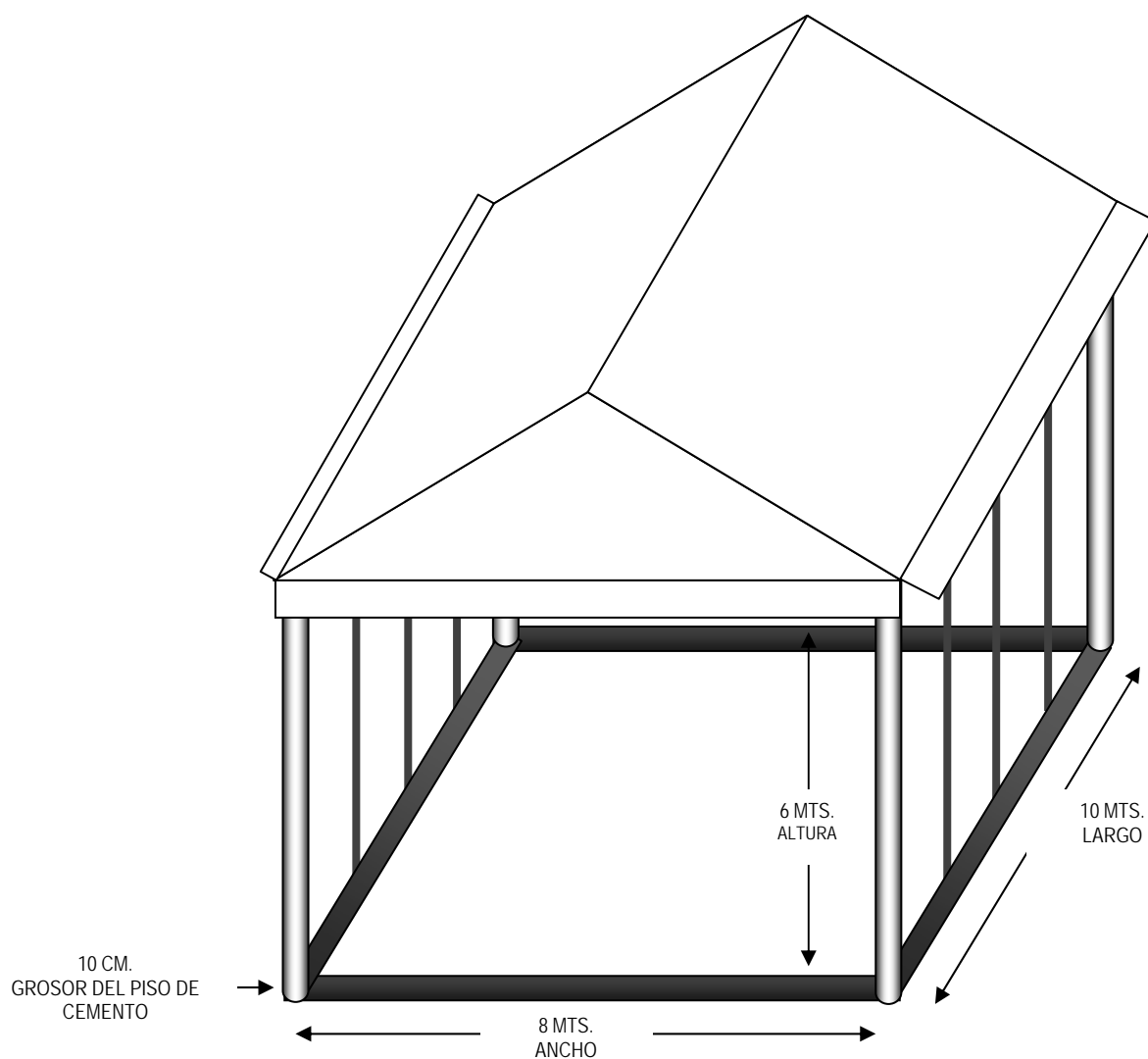


Fig. 3.3 Esquema con dimensiones de la galera para el centro de acopio de residuos de envase PET en el Instituto Tecnológico de Minatitlán

Los costos de la construcción de la galera son los que se presentan en las Tablas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, y 3.8.

Tabla 3.4 Costos de material para el piso firme (vaciado).

Nombre del material	Cantidad de material a utilizar	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
Varillas 3/8" G-42	2 Pza.	98.12	196.24
Grava	4 Mts.	250.00	1,000.00
Gravilla	6 Mts.	250.00	1,500.00
Cemento gris	50 Sacos	100.00	5,000.00

**Total: 7,696.24**

Tabla 3.5 Costos de material para la colocación de los tubos.

Nombre del material	Cantidad de material a utilizar	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
Tubo negro 3" , C-30 ,6 Mts, 40.20 Kg.	10 Pza.	629.28	6,292.8

**Total: 6,292.8**

Tabla 3.6 Costos de material de la estructura del techo.

Nombre del material	Cantidad de material a utilizar	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
Tubo negro 1/2" , C-30 ,6 Mts, 40.20 Kg.	6 Pza.	104.32	625.92
Tubo negro 1" , C-30 , 6 Mts, 40.20 Kg.	4 Pza.	154.05	616.08
Tubo negro 1 1/4" , C-30, 6 Mts, 40.20 Kg.	4 Pza.	229.30	917.2
Tubo negro 1 1/2" , C-30, 6 Mts, 40.20 Kg.	8 Pza.	275.81	2,206.48
Tornillo para lamina 5/16" x 24"	200 Pza.	7.74	1,548.00
Caballote	10 Mts.	186.30	1,863.00
Lamina C-7 4.88 Mts.	20 Pza.	607.32	12,146.4
Alambre recocido C-16	5 Kg.	19.89	99.45

**Total: 20,022.53**

Tabla 3.7 Costos de mano de obra.

<b>Mano de obra</b>	<b>Costo por Pza. Y m<sup>2</sup>.</b>	<b>Costo total</b>
Colocación de Piso firme (vaciado)	100 m <sup>2</sup> .	8,000.00
Colocación de los tubos con zapatas	200 Pza.	2,000.00
Colocación de laminas	400 Pza.	8,000.00
Colocación de estructura del techo		3,500.00

**Total: 21,500.00**

Tabla 3.8 Costo global de material y mano de obra.

<b>Material y mano de obra</b>	<b>Costo de material</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Costo global</b>
Piso firme (vaciado)	7,696.24	8,000.00	15,696.24
Tubos con zapatas	6,292.8	2,000.00	8,292.8
Láminas y estructura del techo	20,022.53	8,000.00 3,500.00	31,522.53

**Total: 55,511.57**

## PROPUESTA 1: GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE ENVASES PET SIN TRATAMIENTO

Los residuos de envases PET que se generen serán almacenados durante una semana en el centro de acopio, donde serán guardados en los sacos industriales que tienen capacidad de almacenar de 80 a 70 Kg de envases PET, posteriormente los 264.6358 Kg por semana que genera el Instituto Tecnológico serán transportados a un centro de compra y venta que adquiere el kilo de este material a \$1.20, que se localiza en la carretera caticas, kilómetro 7, donde son compactados y triturados, para posteriormente ser transportados a México e Israel donde se les da un tratamiento. Los desechos de envases PET serán transportados en un remolque, propiedad de la institución, que tiene espacio para

transportar 218.625 Kg de envases en su estado original de los 264.63 Kg que se generan por semana.

Las ganancias que traerían se generaría de la venta de los envases PET son relativamente bajas, ya que esto no se podría ver como un negocio sino como una manera de fomentar la cultura de separación de los residuos dentro de la institución y así poder contribuir a la preservación de nuestros recursos naturales siendo el reciclaje una gran alternativa. En la Tabla 3.9 se muestra las ganancias de la venta de los residuos de envases PET de acuerdo a la propuesta 1.

Tabla 3.9 Ganancias de la venta de los residuos de envases PET sin tratamiento.

Compra de envases PET por kg sin tratamiento.	\$ 1.20
Ganancias semanales de la venta de 264.6358 Kg de residuos de envases PET sin tratamiento.	\$ 317.56
Ganancias mensuales de la venta de 1058.543 Kg de residuos de envases PET sin tratamiento.	\$ 1270.25
Ganancias anuales	\$15,243.00

## PROPUESTA 2: GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE ENVASES PET CON TRATAMIENTO

Los envases PET después de haber sido recolectados y ser transportados al centro de acopio, serán triturados o compactados, esto hace que ocupen mucho menos volumen, de esta forma se puede almacenar más sin necesidad de ocupar mucho espacio, puesto que cada saco industrial tiene capacidad para 500 Kg de envases PET triturado.

Los envases triturados o compactados serán transportados cada quince días y llevados a un centro de compra y venta ubicada en la carretera canticas kilometro 7, consecutivamente serán llevados a México e Israel donde se les dará un

tratamiento posterior. El kilo es adquirido por este centro de compra y venta a \$1.50 triturado o compactado

Los desechos de envase PET serán transportados en un remolque propiedad del tecnológico. Las ganancias que traería la venta de PET triturado o compactado son muy bajas, ni siquiera en un año se recaudaría el costo de la inversión de la construcción de la galera y la adquisición de la maquinaria, esto no se podría ver como un negocio si no como una alternativa para la gestión de los residuos de envases PET, el segundo subproducto mayor generado en la institución (ver Tabla 3.10).

Tabla 3.10 Ganancias de la venta de los residuos de envases PET con tratamiento.

Compra de envases PET por kg Con tratamiento.	\$ 1.50
Ganancias semanales de la venta de 529.271 Kg de residuos de envases PET con tratamiento.	\$ 793.91
Ganancias mensuales de la venta de 1,058.543 Kg de residuos de envases PET con tratamiento.	\$ 1587.81
Ganancias anuales	\$ 19,053.00

## COSTO DE MAQUINARÍA

La adquisición de maquinaria sería benéfica debido a que se podría almacenar mucho mayor cantidad de envases PET, también contribuiría a mantener más limpia el área creando un ambiente de trabajo más agradable, así como ayudaría con mayor facilidad a certificarse bajo la norma ISO 14001.

De esta forma contribuye a un gran logro de la institución, así a futuro convertirse en un centro de acopio a nivel municipal, por lo consiguiente traería recursos económicos mayores a los que dejarían solo los residuos de envases PET de la institución. Los costos de la maquinaria se encuentran en las Tablas 3.11 y 3.12.



Tabla 3.11 Costos de maquinaria (compactadora).

<b>Características</b>	<b>Compactadora (H-G/S)</b>
Potencia de motor	2 CV
Dimensiones de la caja (ancho x profundidad x alto)	80 x 45 x 130 cms.
Dimensiones de la bala máximo	80 x 45 x 90 cms.
Dimensiones de la bala mínimo	80 x 45 x 50 cms.
Peso aproximado de la bala	50 a 100 kgs.
Altura máxima máquina	260 cms.
Dimensiones de la abertura de carga (largo x alto)	80 X 43 cms.
Profundidad de la máquina	45 cms.
Fuerza de máquina	6 tn
Costo de la compactadora marca Matabosch modelo H-G/S	\$97,576.40

Tabla 3.12 Costos de maquinaria (tritadora).

<b>Características</b>	<b>Molino para picar plásticos</b>
Motor	5 Hp
Producción	50-60 Kg/hrs
Caja de medidas	22 cm x 22 cm
Medidas Total	Ancho 0.5 m , Largo 1.2 m , Alto 1.8 m
Peso	250 kg
costo	\$ 45,000.00

## COSTOS DE TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS DE ENVASES PET A UN CENTRO DE COMPRA Y VENTA

Los costos requeridos para el transporte de los envase PET a un centro de compra y venta, ubicado en la carretera caticas kilómetro 7, los gastos que se generan son los de la gasolina, el Instituto Tecnológico cuenta con un vehículo de carga, que puede transportar 218.625 Kg de envase PET.

Los envases PET en su estado original serán transportados una vez por semana, ya que al no ser ni triturados o compactados ocupan mayor volumen.

Los envases PET al ser triturados o compactados disminuyen su volumen, por ello pueden estar almacenados más tiempo, y ser transportados 2 veces por mes al centro de compra y venta, el ahorro de gasolina será 2 veces menos.

Tabla 3.13 Costos de transporte de los envases PET en su estado original

Gasto de gasolina del vehiculo (ida y vuelta )	20 litros
Costo por litro de gasolina diesel	\$ 5.50
Costo por semana	\$ 110.00
Total : Costo por mes	\$ 440.00

Tabla 3.14 Costos de transporte de los envases PET triturados y/o compactados

Gasto de gasolina del vehiculo (ida y vuelta )	20 litros
Costo por litro de gasolina diesel	\$ 5.50
Costo por cada 15 días	\$ 110.00
Total: Costo por mes	\$ 220.00

## RECURSOS HUMANOS

Los recursos humanos necesarios para poder lograr un adecuado manejo de los envases PET son muy indispensables debido a que se necesita a un gran equipo de personas que laboren en dicha gestión, es por ello que se requiere del apoyo indispensable de la dirección así como el compromiso, desde luego hacer partícipes a los maestros de cada área.

De esta forma se requerirá la participación entera del departamento de recursos materiales, que es el departamento encargado de dirigir al personal de limpieza de la institución, ya que será el encargado de recolectar los desechos de envases PET.

Así mismos la participación de jóvenes que realicen su servicio social para participar en diversas actividades, así como de realizar campañas y/o programas para dar a conocer lo que se esta realizando con los residuos PET y así lograr la participación completa de los estudiantes. La participación de los residentes será de igual importancia ya que ellos serán personas que puedan proponer proyectos para realizar la mejora continua de la gestión de los residuos generados por el Instituto Tecnológico de Minatitlán.

## CONCLUSIONES

Se realizaron las prácticas en la institución en base a las normas NMX-AA-015-1985 y la NMX-AA-022-1985 para cuantificar la cantidad de residuos sólidos y subproductos que genera el Instituto Tecnológico de Minatitlán.

Los envases PET son el subproducto que mayor se genera en la institución después de las áreas verdes, alcanzando más de 1 tonelada por mes.

Se elaboro un programa de concientización ambiental y recolección de residuos de envases PET.

Se situó la construcción del centro de acopio en el Instituto Tecnológico así como la investigación de las dimensiones y costos que ascienden a más de 50,000 pesos.

Se elaboro la propuesta de gestión de los plásticos PET con tratamiento y sin tratamiento.

La gestión de los envases PET en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, no traería ganancia económicas fuertes, pero se contribuye ambientalmente con nuestro ecosistema y así fortalecer una cultura ambiental en la población estudiantil y evitar que más de 12 toneladas de Pet al año vayan a los tiraderos de cielo abierto.

## RECOMENDACIONES

La participación activa del departamento de recursos materiales, ya que es el que esta a cargo del personal de limpieza de la institución, por lo consiguiente será el personal que se encargue de recaudar los residuos de envases PET y depositarlos en el centro de acopio.

Poner a cargo a una persona para que se encargue del centro de acopio, que realice las siguientes funciones:

- Administración y de los gastos.
- Control de la cantidad de envases PET que se recaudan anualmente.
- Controlar el personal de limpieza responsable de transportar los residuos de envases PET al centro de acopio.
- Transporte de los envases PET al centro de compra y venta.
- Cuidado del equipo y maquinaria.
- Uso de la maquinaria.
- Resguardo de los residuos de envases PET.

No se deben almacenar más de 1 semana los residuos de envases PET sin tratamiento por lo siguiente:

- Ocupa demasiado espacio.
- Para evitar la cantidad de uso de sacos industriales.
- Para que el área del centro de acopio esté despejada y limpia.

No se deben almacenar más de 15 días los envases PET con tratamiento por lo siguiente:

- Por el excesivo peso que alcanzan al ser almacenados en sacos industriales a más de 15 días, si fuera así se necesitaría la renta de maquinaria para el levantamiento de los sacos industriales, por lo consiguiente traería gastos extras.
- Para que el área del centro de acopio esté despejada y limpia.

El cuidado y usos adecuado de la maquinaria (compactadora o trituradora).

Mantener el área del centro de acopio siempre limpia, para evitar malos olores y la propagación de insectos.

Resguardar los envases PET siempre en los sacos industriales, y estos deben estar siempre amarrados para resguardar a los envases de la lluvia, polvo, propagación de mal olor e insectos.

## BIBLIOGRAFÍA

**1. Arias Santos Nely Nayeli**

Taller de educación ambiental en preescolar

Memorias de residencia profesional para obtener el título de ingeniería ambiental

Minatitlán ver, 03 de febrero del 2006

**2. Barradas Rebolledo Alejandro**

Estado del arte de la gestión integral de residuos sólidos municipales

Minatitlán, ver, verano del 2000

**3. Ramos Candelero Rogelio**

Programa de recolección de desechos plásticos para su reciclamiento

Trabajo profesional para obtener el título de ingeniería industrial en química

Minatitlán, ver, 21 de octubre de 1996

## PÁGINAS ELECTRÓNICAS

1. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

2. [www.ecoce.org.mx](http://www.ecoce.org.mx). Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

3. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx). Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

4. [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

5. <http://www.fortunecity.es>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

6. <http://www.ambientum.com>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

7. <http://www.giresol.org>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

8. <http://snap3.uas.mx>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
9. <http://es.wikipedia.org>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
10. <http://opciondeveracruzvirtual.blogspot.com>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
11. <http://www.ecopolargentina.com>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
12. <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l21207.htm>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
13. [www.plasticosmexicanos.com.mx](http://www.plasticosmexicanos.com.mx). Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
14. <http://www.enfasis.com>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
15. <http://www.sectur.gob.mx>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
16. <http://www.plastico.com>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
17. <http://monterrey.olx.com.mx>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.
18. <http://puntaovillo.blogspot.com>. Fecha de consulta febrero-junio del 2008.

## REVISTA

1. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos No. 3  
Lugar de edición: México  
Fecha de edición: 1999  
Núm. edición: Primera



# **ANEXO 1**

## HOJA DE REGISTRO DE CAMPO

### SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

**Localidad:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

**Municipio:** Minatitlán

**Fecha y hora de análisis:** Lunes 28 de enero a las 11.00 a.m. del 2008

**Peso de la muestra Kg.:** 83.18 Kg.

**Estrato socioeconómico:** Universidad

**Tara de las bolsas:** 0.167 Kg.

**Responsable del análisis:** Yazmín García R.

**Dependencia o institución:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

Nº	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG.	% EN PESO	OBSERVACIONES
1.	ALGODÓN			
2.	CARTÓN	8.5	10.21	
3.	CUERO			
4.	RESIDUO FINO QUE PASA A TRAVÉS DE LA CRIBA M 2.00			
5.	ENVASE DE CARTÓN ENCERADO	0.104	0.13	
6.	FIBRA DURA VEGETAL			
7.	FIBRAS SINTÉTICAS			
8.	HUESO			
9.	HULE			
10.	LATA	0.250	0.30	
11.	LOZA Y CERÁMICA			
12.	MADERA	0.054	0.06	
13.	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN			
14.	MATERIAL FERROSO	3	3.60	
15.	MATERIAL NO FERROSO			
16.	PAPEL	9.5	11.42	La mayoría del papel venía húmedo.
17.	PAÑAL DESECHABLE			
18.	PLÁSTICO DE PELÍCULA	3.36	4.03	
19.	PLÁSTICO RÍGIDO	15	18.03	Muchos envases contenían líquido
20.	POLIURETANO	0.5	0.60	

21.	POLIESTIRENO EXPANDIDO	1.7	2.04	
22.	RESIDUOS ALIMENTARIOS	1.20	1.44	
23.	RESIDUOS DE JARDINERÍA	30	36.06	Estaba húmeda debido a la lluvia
24.	TRAPO	0.5	0.60	
25.	VIDRIO DE COLOR			
26.	VIDRIO TRANSPARENTE	4.5	5.40	
27.	OTROS (PIEZAS DE METAL CON PLASTICO)	0.204	0.25	Eran Cables y material de laboratorio como escobillones.

## HOJA DE REGISTRO DE CAMPO

### SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

**Localidad:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

**Municipio:** Minatitlán

**Fecha y hora de análisis:** Martes 29 de enero a las 11.00 a.m. del 2008

**Peso de la muestra Kg.:** 65 Kg.

**Estrato socioeconómico:** Universidad

**Tara de las bolsas:** 0.167 kg.

**Responsable del análisis:** Yazmín García Russell

**Dependencia o institución:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

Nº	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG.	% EN PESO	OBSERVACIONES
1.	ALGODÓN			
2.	CARTÓN	2.583	3.97	
3.	CUERO			
4.	RESIDUO FINO QUE PASA A TRAVÉS DE LA CRIBA M 2.00			
5.	ENVASE DE CARTÓN ENCERADO	0.30	0.46	
6.	FIBRA DURA VEGETAL			
7.	FIBRAS SINTÉTICAS			
8.	HUESO			
9.	HULE			
10.	LATA	0.5	0.77	
11.	LOZA Y CERÁMICA			
12.	MADERA			
13.	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN			
14.	MATERIAL FERROSO			
15.	MATERIAL NO FERROSO			
16.	PAPEL	19.80	30.47	La mayoría de el papel venía húmedo.
17.	PAÑAL DESECHABLE			
18.	PLÁSTICO DE PELÍCULA	1.43	2.2	
19.	PLÁSTICO RÍGIDO	7.42	11.41	Muchos envases contenían líquido
20.	POLIURETANO	1	1.54	

21.	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.16	0.25	
22.	RESIDUOS ALIMENTARIOS			
23.	RESIDUOS DE JARDINERÍA	26.60	40.92	Estaba húmeda debido a la lluvia
24.	TRAPO			
25.	VIDRIO DE COLOR			
26.	VIDRIO TRANSPARENTE	4.03	6.2	
27.	OTROS			

## HOJA DE REGISTRO DE CAMPO

### SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

**Localidad:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

**Municipio:** Minatitlán

**Fecha y hora de análisis:** Miércoles 30 de enero a las 11.00 a.m. del 2008

**Peso de la muestra Kg.:** 55.30 Kg.

**Estrato socioeconómico:** Universidad

**Tara de las bolsas:** 0.167 Kg.

**Responsable del análisis:** Yazmín García Russell

**Dependencia o institución:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

Nº	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG.	% EN PESO	OBSERVACIONES
1.	ALGODÓN			
2.	CARTÓN	.500	0.90	
3.	CUERO			
4.	RESIDUO FINO QUE PASA A TRAVÉS DE LA CRIBA M 2.00			
5.	ENVASE DE CARTÓN ENCERADO	0.43	0.78	
6.	FIBRA DURA VEGETAL			
7.	FIBRAS SINTÉTICAS			
8.	HUESO			
9.	HULE			
10.	LATA	0.60	1.08	
11.	LOZA Y CERÁMICA			
12.	MADERA			
13.	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN			
14.	MATERIAL FERROSO	0.50	0.90	
15.	MATERIAL NO FERROSO			
16.	PAPEL			
17.	PAÑAL DESECHABLE	0.100	0.18	
18.	PLÁSTICO DE PELÍCULA	2.30	4.16	
19.	PLÁSTICO RÍGIDO	13.60	24.59	Muchos envases contenían líquido
20.	POLIURETANO	0.500	0.90	

21.	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.43	0.78	
22.	RESIDUOS ALIMENTARIOS	1.13	2.04	
23.	RESIDUOS DE JARDINERÍA	32	57.86	
24.	TRAPO			
25.	VIDRIO DE COLOR			
26.	VIDRIO TRANSPARENTE	2.600	4.70	
27.	OTROS (MATERIAL DE LABORATORIO)	0.500	0.90	

## HOJA DE REGISTRO DE CAMPO

### SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

**Localidad:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

**Municipio:** Minatitlán

**Fecha y hora de análisis:** Jueves 31 de enero a las 11.00 a.m. del 2008

**Peso de la muestra Kg.:** 68 Kg.

**Estrato socioeconómico:** Universidad

**Tara de las bolsas:** 0.167 Kg.

**Responsable del análisis:** Yazmín García Russell

**Dependencia o institución:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

Nº	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG.	% EN PESO	OBSERVACIONES
1.	ALGODÓN			
2.	CARTÓN	3.73	5.49	
3.	CUERO			
4.	RESIDUO FINO QUE PASA A TRAVÉS DE LA CRIBA M 2.00			
5.	ENVASE DE CARTÓN ENCERADO	0.78	1.15	
6.	FIBRA DURA VEGETAL			
7.	FIBRAS SINTÉTICAS			
8.	HUESO			
9.	HULE			
10.	LATA	0.300	0.44	
11.	LOZA Y CERÁMICA			
12.	MADERA	2.250	3.30	
13.	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN			
14.	MATERIAL FERROSO			
15.	MATERIAL NO FERROSO			
16.	PAPEL	18.38	27.03	La mayoría del papel venía húmedo.
17.	PAÑAL DESECHABLE			
18.	PLÁSTICO DE PELÍCULA	2.08	3.05	
19.	PLÁSTICO RÍGIDO	11.36	16.70	Muchos envases contenían líquido
20.	POLIURETANO	0.900	1.32	



21.	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.33	0.48	Varios tenían comida y liquido
22.	RESIDUOS ALIMENTARIOS			
23.	RESIDUOS DE JARDINERÍA	18	26.47	
24.	TRAPO	0.500	0.74	
25.	VIDRIO DE COLOR	4	5.88	
26.	VIDRIO TRANSPARENTE	3.83	5.63	
27.	OTROS			

## HOJA DE REGISTRO DE CAMPO

### SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

**Localidad:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

**Municipio:** Minatitlán

**Fecha y hora de análisis:** Viernes 1 de febrero a las 9.00 a.m. del 2008

**Peso de la muestra Kg.:** 51.22 Kg.

**Estrato socioeconómico:** Universidad

**Tara de las bolsas:** 0.167 Kg.

**Responsable del análisis:** Yazmín García Russell

**Dependencia o institución:** Instituto Tecnológico de Minatitlán

Nº	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG.	% EN PESO	OBSERVACIONES
1.	ALGODÓN			
2.	CARTÓN	0.23	0.45	
3.	CUERO			
4.	RESIDUO FINO QUE PASA A TRAVÉS DE LA CRIBA M 2.00			
5.	ENVASE DE CARTÓN ENCERADO	0.432	0.84	Muchos contenían líquidos
6.	FIBRA DURA VEGETAL			
7.	FIBRAS SINTÉTICAS			
8.	HUESO			
9.	HULE			
10.	LATA	0.18	0.35	
11.	LOZA Y CERÁMICA			
12.	MADERA			
13.	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN			
14.	MATERIAL FERROSO			
15.	MATERIAL NO FERROSO			
16.	PAPEL	8.950	17.47	La mayoría del papel venía húmedo.
17.	PAÑAL DESECHABLE	0.100	0.20	
18.	PLÁSTICO DE PELÍCULA	2.500	4.88	
19.	PLÁSTICO RÍGIDO	15.88	31	Muchos envases contenían líquido
20.	POLIURETANO	1.100	2.15	

21.	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.33	0.64	Varios tenían comida y liquido
22.	RESIDUOS ALIMENTARIOS	1.300	2.54	
23.	RESIDUOS DE JARDINERÍA	12.11	23.64	
24.	TRAPO			
25.	VIDRIO DE COLOR	0.632	1.23	
26.	VIDRIO TRANSPARENTE	6.232	12.17	
27.	OTROS			

