

2

ESTRATEGIAS Y  
PROYECCIÓN ESPACIAL  
DE LOS RESIDUOS  
SÓLIDOS MUNICIPALES  
EN MÉXICO

EDUARDO ALEJANDRO DUSSUEL JURADO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

**UNAM**



1999

TESIS CON  
FALLA DE CRÍGEN

270688



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

PASINACION

DISCONTINUA.



ESTRATEGIAS Y  
PROYECCIÓN ESPACIAL  
DE LOS RESIDUOS  
SÓLIDOS MUNICIPALES  
EN MÉXICO

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO  
DE MAESTRO EN URBANISMO PRESENTA:

**EDUARDO ALEJANDRO DUSSUEL JURADO**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

**UNAM**

1999

**DIRECTOR DE LA TESIS**

**DR. FERNANDO GREENE CASTILLO**

**SINODALES**

**DR. JORGE CERVANTES BORJA**

**ING. Y M. EN ARQ. (URB.) ADRIÁN BREÑA GARDUÑO**

**M. EN ARQ. (URB.) HÉCTOR ROBLEDO LARA**

**DRA. CARMEN VALVERDE VALVERDE**

## **AGRADECIMIENTOS:**

**Con todo mi amor a mi esposa, María Cristina Vidaurri, que me dio su apoyo y cariño en todo momento.**

**A mi familia chilena, que aunque está en tierra lejana me alienta a seguir estudiando.**

**A mi familia mexicana que me ha dado apoyo y cálido afecto.**

**A mis sinodales y maestros de vocación, que me transmitieron conocimientos, experiencia y amor a México.**

**A mi director de tesis el Dr. Fernando Greene, cuya preocupación por el tema lo llevó mucho más allá de las revisiones y comentarios al material, involucrándose directamente en la investigación y aportando valiosas ideas y criterios.**

**Al pueblo de México que con su lucha trabajo y esfuerzo a hecho realidad la existencia de una casa de estudios como la UNAM, donde muchos que no tienen más capital que su voluntad y su inteligencia, pueden acceder a los más altos estadios del conocimiento.**

## ÍNDICE

1.	<b>PRÓLOGO</b> .....	1
2.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
3.	<b>OBJETIVOS</b> .....	7
3.1.	Genérico.....	7
3.2.	Particulares.....	8
4.	<b>MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO</b> .....	8
4.1.	General.....	8
4.2.	Aplicación según temas.....	9
4.2.1.	En el diagnóstico.....	10
4.2.2.	En la formulación de estrategias.....	11
4.2.3.	En la construcción del sistema especializado.....	11
5.	<b>ASPECTOS DEMOGRÁFICOS</b> .....	11
5.1.	Dinámica de la población en México.....	11
5.2.	El fenómeno de urbanización y las ciudades medias.....	13
5.3.	Los AGEB como instrumentos de planeación.....	14
6.	<b>ASPECTOS LEGALES Y PROGRAMÁTICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES</b> .....	18
6.1.	Disposiciones Constitucionales.....	18
6.2.	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente..	19
6.3.	Comentarios al marco legal.....	22
6.4.	Marco Programático.....	23
6.5.	Comentarios al marco programático.....	26

<b>6.6.</b>	<b>Normas Técnicas Mexicanas y Normas Oficiales Mexicanas.....</b>	<b>27</b>
<b>7.</b>	<b>DEFINICIONES Y PROCESO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.....</b>	<b>28</b>
<b>7.1.</b>	<b>Definición y clasificación de los residuos sólidos.....</b>	<b>28</b>
<b>7.2.</b>	<b>El ciclo de los residuos sólidos.....</b>	<b>33</b>
<b>8.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO....</b>	<b>33</b>
<b>8.1.</b>	<b>Generación.....</b>	<b>33</b>
<b>8.1.1</b>	<b>La calidad de la información.....</b>	<b>33</b>
<b>8.1.2.</b>	<b>Los estudios de generación y sus resultados.....</b>	<b>35</b>
<b>8.1.3.</b>	<b>Incremento en la generación.....</b>	<b>43</b>
<b>8.1.4.</b>	<b>Residuos industriales.....</b>	<b>45</b>
<b>8.2.</b>	<b>Composición.....</b>	<b>49</b>
<b>8.3.</b>	<b>Peso volumétrico.....</b>	<b>52</b>
<b>8.4.</b>	<b>Almacenamiento.....</b>	<b>54</b>
<b>8.5.</b>	<b>Barrido.....</b>	<b>56</b>
<b>8.6.</b>	<b>Recolección.....</b>	<b>58</b>
<b>8.6.1.</b>	<b>Los métodos de recolección.....</b>	<b>59</b>
<b>8.6.2.</b>	<b>Los valores estadísticos y características de la recolección.....</b>	<b>60</b>
<b>8.7.</b>	<b>Transferencia.....</b>	<b>66</b>
<b>8.8.</b>	<b>Tratamiento.....</b>	<b>67</b>
<b>8.8.1.</b>	<b>La compostación.....</b>	<b>67</b>
<b>8.8.2.</b>	<b>El reciclaje.....</b>	<b>68</b>
<b>8.9.</b>	<b>Disposición final.....</b>	<b>70</b>
<b>8.10.</b>	<b>Aspectos sociales y políticos.....</b>	<b>75</b>

8.11.	Recursos humanos.....	75
8.12.	Costos.....	76
9.	<b>ESTRATEGIAS Y ACCIONES.....</b>	<b>77</b>
9.1.	Estrategia del subsector.....	77
9.2.	Estrategia para la generación.....	78
9.2.1.	Acciones para la generación.....	79
9.3.	Estrategia para el almacenamiento.....	79
9.3.1.	Acciones para los contenedores.....	79
9.3.2.	Acciones para la reducción del volumen de los residuos sólidos en el almacenamiento.....	81
9.3.3.	Acciones para el correcto almacenamiento en lugares públicos..	82
9.4.	Estrategia para la recolección.....	83
9.4.1.	Acciones para el sistema de recolección operado por el ayuntamiento.....	83
9.4.2.	Acciones para el sistema de recolección concesionado.....	85
9.5.	Estrategia para la transferencia.....	85
9.5.1.	Acciones para la transferencia.....	85
9.6.	Estrategia para el tratamiento.....	86
9.6.1.	Acciones para la selección de reciclables.....	86
9.6.2.	Acciones para la producción de composta.....	87
9.6.3.	Acciones para la implantación de otros procesos.....	87
9.7.	Estrategia para la disposición final de los residuos sólidos municipales de relleno sanitario (RSMRS).....	88
9.7.1.	Acciones para la disposición en rellenos sanitarios.....	88

9.8.1.	Estrategia de los residuos que no se destinan al relleno sanitario.....	89
9.8.1	Acciones para los residuos peligrosos.....	89
9.8.2.	Acciones para los residuos industriales, de la construcción, comerciales, agrarios y habitacionales, no peligrosos y que no se destinan al relleno sanitario.....	90
9.9.	Estrategias para la participación de la población la industria y el comercio.....	91
10.	<b>CONSTRUCCIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMO PARTE DEL SISTEMA CIUDAD.....</b>	<b>92</b>
10.1.	Introducción.....	92
10.2.	El sistema espacializado de los residuos sólidos municipales.....	92
10.2.1.	Los residuos sólidos en la estructura urbana.....	93
10.2.2.	Los factores de la localización.....	94
10.2.1.	Las vialidades.....	94
10.2.4.	La recolección cálculo y fenómeno espacial.....	99
10.2.5.	La transferencia.....	106
10.2.6.	El relleno sanitario.....	113
11.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>
12.	<b>ÍNDICE TEMÁTICO.....</b>	<b>123</b>
13.	<b>ÍNDICE ONOMÁSTICO.....</b>	<b>124</b>
14.	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>125</b>

## 1. PROLOGO.

Mi contacto con el tema de los residuos sólidos data de 1984, cuando coordiné la elaboración de un estudio del impacto ambiental de las instalaciones de Petróleos Mexicanos en Salina Cruz, Oaxaca, para la Gerencia de Estudios Regionales de Petróleos Mexicanos, como jefe de un departamento de Planeación de la filial de esta empresa, Instalaciones Inmobiliarias para Industrias. En este trabajo se analizó la contaminación generada por residuos industriales y domésticos.

Posteriormente, a comienzos de 1992, asumí el cargo de Subdirector de Infraestructura, en el Instituto de Investigaciones de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), extinto a fin de ese mismo año. En esa responsabilidad tuve la misión de realizar estudios sobre residuos sólidos municipales, que apoyaran los esfuerzos que la Dirección de Infraestructura, que la mencionada Secretaría, hacía para impulsar el desarrollo del subsector. Fue en la estancia breve en el Instituto donde mi interés por el tema se transformó en un esfuerzo estable de lectura y estudio.

Como experiencia reciente, en la materia, puedo mencionar el desarrollo de un diagnóstico, pronóstico y diseño de acciones estratégicas para los residuos sólidos de los 57 municipios de la zona oriente del Estado de México realizado para la Universidad Nacional Autónoma de México, en el marco del ordenamiento territorial de esa zona. Este estudio fue encargado a la UNAM por la Secretaría de Ecología del Estado de México y dirigido por el Dr. Fernando Greene Castillo, quien es el Director de esta Tesis y que se involucró hasta tal punto en el trabajo que participó en casi todas las visitas que hicimos a los departamentos de limpia de 11 de estos municipios, a sus sitios de disposición final y finalmente a los lugares identificados por la Secretaría de Ecología del Estado para la construcción de rellenos sanitarios regionales. Levantamos una encuesta que permitió conocer los recursos y características de la operación de los sistemas. La interacción con los jefes de los departamentos de limpia, los ingenieros y técnicos responsables directos de las instalaciones, me aportó la posibilidad de aclarar muchas dudas y resolver problemas que la bibliografía que he estudiado no me había permitido resolver. Así mismo fue fructífera la relación con los técnicos de la Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico a los Municipios que nos acompañaron en todas las visitas.

El mencionado programa me permitió, además, establecer contacto con la Dirección General de Servicios Públicos del Gobierno del Distrito Federal, de quienes obtuve importantes documentos y la posibilidad de visitar dos de sus estaciones de transferencia y una de sus plantas de reciclados (la de San Juan de Aragón).

Algunos de los resultados del trabajo realizado para el referido programa de ordenamiento territorial, han servido en esta tesis en función de sus objetivos.

Por último quiero asentar mi agradecimiento al Dr. Fernando Greene Castillo quién en mi concepto rebasó con mucho la preocupación de un director de tesis y me indujo a profundizar numerosos aspectos y realizó valiosos aportes. Así mismo agradezco a los sinodales que se preocuparon por hacer importantes indicaciones e incluso aportes bibliográficos, que han mejorado y complementado diversos aspectos del trabajo.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **Motivaciones y preguntas.**

Los procesos de producción, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos en las ciudades de la república mexicana constituyen un problema cuya solución, en general en México, no ha sido abordada ni con la aplicación de recursos suficientes ni el impulso de políticas y estrategias técnicamente adecuadas. Esto se puede percibir, en primera instancia, al tomar contacto con documentos centrados en el diagnóstico y con imprecisiones en la parte propositiva, realizados por diferentes organismos e instituciones de estudio superior (UAM - SEDUE - INSEDUE, 1988 y UAM -SEDUE - INSEDUE, 1985, SEMARNAP 1995, SEDUE, 1992) y luego al tomar contacto con la operación de los sistemas de limpia de distintos municipios donde en general se constata el rezago del subsector. La pregunta que surge de inmediato es por que se presenta este rezago, cuando al menos la solución de disposición final en rellenos sanitarios, que se discute más adelante, es ampliamente conocida por la ingeniería sanitaria en el país y no es extraordinariamente costosa. De aquí que surge la motivación de estudiar los factores que impiden que se formulen y realicen las acciones para un manejo eficiente y sanitariamente adecuado de los residuos sólidos.

Otra motivación, que origina esta tesis, es la de asentar una opinión ante la a veces ríspida controversia entre ambientalistas e ingenieros sanitarios, con relación a las estrategias para los residuos sólidos y está vinculada con la necesidad de realizar un relleno sanitario.

En el tratamiento del tema por investigadores de las vertientes ambientalista y ecologista se tiene el acento en la reducción, reutilización, reparación, recuperación, reciclaje, replanteo (las 5 erres), que constituye sin duda un área de oportunidad en el manejo de los residuos sólidos de la cual pueden obtenerse indudables ventajas. El Programa Nacional de Medio Ambiente 1995 – 2000 (SEMARNAP, 1995), también presenta este planteamiento como una estrategia central en su capítulo de residuos sólidos. El objetivo en estas orientaciones es el de cambiar una concepción equivocada de la relación del hombre con la naturaleza, que ve en esta una “bodega de recursos” (recurso agua, recurso maderero etc.) a la que recurre sin detenerse en que las formas de explotación de

Por último quiero asentar mi agradecimiento al Dr. Fernando Greene Castillo quién en mi concepto rebasó con mucho la preocupación de un director de tesis y me indujo a profundizar numerosos aspectos y realizó valiosos aportes. Así mismo agradezco a los sinodales que se preocuparon por hacer importantes indicaciones e incluso aportes bibliográficos, que han mejorado y complementado diversos aspectos del trabajo.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **Motivaciones y preguntas.**

Los procesos de producción, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos en las ciudades de la república mexicana constituyen un problema cuya solución, en general en México, no ha sido abordada ni con la aplicación de recursos suficientes ni el impulso de políticas y estrategias técnicamente adecuadas. Esto se puede percibir, en primera instancia, al tomar contacto con documentos centrados en el diagnóstico y con imprecisiones en la parte propositiva, realizados por diferentes organismos e instituciones de estudio superior (UAM - SEDUE - INSEDUE, 1988 y UAM -SEDUE - INSEDUE, 1985, SEMARNAP 1995, SEDUE, 1992) y luego al tomar contacto con la operación de los sistemas de limpia de distintos municipios donde en general se constata el rezago del subsector. La pregunta que surge de inmediato es por que se presenta este rezago, cuando al menos la solución de disposición final en rellenos sanitarios, que se discute más adelante, es ampliamente conocida por la ingeniería sanitaria en el país y no es extraordinariamente costosa. De aquí que surge la motivación de estudiar los factores que impiden que se formulen y realicen las acciones para un manejo eficiente y sanitariamente adecuado de los residuos sólidos.

Otra motivación, que origina esta tesis, es la de asentar una opinión ante la a veces ríspida controversia entre ambientalistas e ingenieros sanitarios, con relación a las estrategias para los residuos sólidos y está vinculada con la necesidad de realizar un relleno sanitario.

En el tratamiento del tema por investigadores de las vertientes ambientalista y ecologista se tiene el acento en la reducción, reutilización, reparación, recuperación, reciclaje, replanteo (las 5 erres), que constituye sin duda un área de oportunidad en el manejo de los residuos sólidos de la cual pueden obtenerse indudables ventajas. El Programa Nacional de Medio Ambiente 1995 – 2000 (SEMARNAP, 1995), también presenta este planteamiento como una estrategia central en su capítulo de residuos sólidos. El objetivo en estas orientaciones es el de cambiar una concepción equivocada de la relación del hombre con la naturaleza, que ve en esta una “bodega de recursos” (recurso agua, recurso maderero etc.) a la que recurre sin detenerse en que las formas de explotación de

estos, atentan contra los sistemas de apoyo a la vida del planeta, incluida la humana. En el caso de los residuos sólidos, considerar el problema de la generación irracional de estos, es hablar de hábitos de consumo y de modalidades de la oferta de productos, que la población consume, lo que es útil en el sentido de la implementación de programas para promover cambios en estos dos aspectos básicos de la generación de residuos sólidos.

Por otra parte los ingenieros sanitarios sostienen que estamos muy lejos desde el punto de vista económico, cultural y tecnológico de evitar los grandes confinamientos en rellenos sanitarios y se puede afirmar que aún realizando esfuerzos y promoviendo iniciativas, que debieran transformarse en programas permanentes, para reducir el monto final con destino al relleno sanitario, será este por mucho tiempo el que reciba la mayor parte de nuestros residuos por lo que debemos prestar particular atención a resolver primero la correcta disposición de los residuos antes que invertir esfuerzos en el reciclado. Se argumenta que ni siquiera en los países desarrollados, que cuentan con grandes recursos y tecnología propia, para distintos procesos, que se pueden realizar a partir de los residuos sólidos como materia prima y que han puesto en marcha programas ambiciosos de aprovechamiento de estos y, finalmente, donde el valor de la tierra para rellenos sanitarios es muy elevado, se ha logrado que estos sitios no sean el destino más importante para sus residuos sólidos. Deben exceptuarse los casos de Japón, que ya en 1992 incineraba el 75% de sus residuos sólidos municipales y tenía metas de corto plazo para alcanzar el 80% (Patel y Edgcumbe, 1992, pg. 1), o el de Suiza, con un 77 % de incineración (Morales, 1991, pg. 12). Teniendo además en cuenta que los casos de Japón y de Suiza y de otros países europeos con un porcentaje importante de sus residuos destinados a la incineración, se dan por la carencia de terrenos a un grado tan extremo, que el elevado costo del proceso es ineludible y con el problema que más adelante se expone de los desechos de la incineración.

Puede a primera vista parecer una discusión sin sentido, para quien no ha estado en foros o seminarios del tema ya que es fácil decir que se debe hacer el máximo esfuerzo por reciclar y que al final lo que queda hay que disponerlo adecuadamente. Sin embargo quedan las preguntas: ¿qué es hacer el máximo esfuerzo? o ¿hasta donde es válido financiar procesos económicamente no rentables con el fin de evitar los confinamientos?.

Naturalmente la consideración ambiental de transitar hacia *procesos limpios o ciclos cerrados* desde el ámbito doméstico hasta el industrial, donde se supriman los residuos es una meta importante de la humanidad. Por esto algunos países desarrollados invierten recursos en avanzar hacia ella, o visto de otra manera consideran que la degradación del ambiente tiene un costo y por lo tanto es justificable el mayor costo de procesos que eliminan los residuos o al menos los reducen, que el de realizar con ellos rellenos sanitarios que lo que hacen es encapsularlos. La pregunta es entonces ¿para México cual el *esfuerzo adecuado*, en materia de reciclado y tratamiento de residuos?.

Una tercera motivación y que se refleja en el título de esta tesis es la de establecer la proyección espacial de los residuos en la ciudad y su entorno regional. Es una preocupación de urbanista, vale decir responder al como este conjunto de procesos generan requerimientos espaciales y las preguntas básicas son ¿cómo se relacionan?, ¿cuánto espacio requiere cada uno de ellos?, ¿dónde se deben localizar?. En los textos y estudios revisados para el desarrollo de esta tesis se acuñan respuestas para estas preguntas que no siempre son las mismas, en algunos el espacio urbano está en el subtexto, vale decir no es una preocupación explicitarlo. Se tratará en un capítulo, que se considera central, de responder a las preguntas mencionadas.

### **Antecedentes y delimitaciones de la tesis.**

Como se dice al comienzo los rezagos que se tienen en nuestro país, en el manejo de los residuos sólidos, no sólo se deben a recursos escasos aplicados al subsector, sino a la insuficiente orientación estratégica y táctica de las acciones que se han realizado y a problemas de orden institucional. Entre estos problemas se consideran principalmente las insuficiencias de gestión técnica adecuada, los compromisos políticos de las autoridades con los sindicatos del sistema de limpia, la errónea valoración de las autoridades municipales, en muchos casos, de la gravedad de la disposición final incorrecta de los residuos.

La participación de la población a la que se alude en todos los programas de desarrollo urbano, ordenamiento ecológico y sectoriales en la materia de los residuos sólidos no muestra un desarrollo notable en el país, sobre todo si buscamos experiencias sostenidas. Sin embargo hay casos interesantes que se mencionarán en esta tesis en su oportunidad.

Las secuelas principales del mencionado rezago son: los problemas de insalubridad pública derivados de la contaminación de suelos y mantos freáticos en los tiraderos, proliferación de fauna nociva, olores desagradables, deterioro de la imagen urbana y rural, desarrollo de problemas sociales derivados de la actividad irregular de aprovechamiento de los residuos y en ocasiones la disposición de residuos peligrosos o CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y biológico infecciosos) en tiraderos municipales conduce a riesgos y daños ambientales mayores.

Otro problema que surge al estudiar los residuos sólidos en distintas fuentes es que no existe un lenguaje común, que como se tratará en detalle se deriva de que la normativa en materia de definiciones es limitada, este es un tema de importancia ya que como se verá afecta a la forma de agrupar los datos y a la claridad de las exposiciones, por lo que se hacen propuestas en esta materia.

La información sobre residuos sólidos es en general poco consistente ya que sólo una parte de ella se ha obtenido siguiendo las normas y no ha habido regularidad en el desarrollo de los estudios, aunque es necesario decir que día con día se está avanzando en la realización de estudios apegados a las normas, sin embargo sus

resultados no conforman aún una base de datos nacional. En esta tesis se aborda el tema de la calidad de la información con el fin de establecer lineamientos para superar esta deficiencia.

En materia de residuos industriales peligrosos, cuyo control es, principalmente, de competencia federal a cargo de la SEMARNAP ( según se establece en la Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente), no se cuenta tampoco con información confiable y se puede afirmar que la carencia de la misma, es todavía mucho más importante que en el caso de los residuos municipales cuyo destino debe ser el relleno sanitario. La información que esta Secretaría tiene, no se ha traducido hasta el momento de elaboración de esta tesis, en una publicación que nos muestre su generación municipal, por ramas industriales y tipos de residuos, sólo se han presentado valores muy globales y agregados por Estado. Es también el caso de los residuos industriales no peligrosos cuyas características no permiten disponerlos en un relleno sanitario.

Esta tesis delimita su campo de partida principalmente al estudio a los residuos sólidos municipales. Aquí se incluirán parte de los residuos industriales y comerciales no peligrosos cuyo destino es mismo sitio de disposición final que los domésticos y de otros de este mismo tipo cuyas características no permiten enviarlos a un relleno sanitario. Se excluyen de un estudio en profundidad, el resto de los residuos industriales, dentro de los cuales se encuentran los llamados peligrosos o CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y biológico infecciosos), que merecen un tratamiento diferenciado y los industriales que por su composición y volumen se destinan a confinamientos especiales. Sin embargo, se mostrarán algunos elementos del diagnóstico nacional estos residuos y se trazarán algunos lineamientos para su estudio, comentando principalmente experiencias de otros países, ya que en el nuestro, como se desprende de lo expuesto, hay un rezago importante en el diagnóstico y la implementación de soluciones.

Por otra parte, un tema de importancia que tiene relación con las insuficiencias del subsector, radica en la gestión. Se puede afirmar que en nuestro país, esta en general se realiza por personal insuficientemente preparado y a menudo cambiado por cada administración municipal impidiéndose o dificultando la formación de cuadros técnicos en el subsector.

El *cliente* del servicio de limpia está cautivo, ya que nadie puede en una ciudad prescindir de este. El ciudadano de hecho paga este servicio vía impuestos, o directamente mediante propinas a particulares que actúan en la recolección y recibe en general una prestación en muchos casos deficiente. Adelantando una opinión, sería deseable que el pago se hiciera directamente al municipio, para constituir una **partida dedicada** a este y no otro servicio y el municipio se comprometiera a que se respeten estándares desde la recolección hasta la disposición final en marcados en el cumplimiento de las leyes federales estatales y municipales.

En el marco de una serie de transformaciones que forman parte de una política que se aplica en diversos ámbitos de acción del estado, orientada a traspasar funciones realizadas directamente por este a empresas privadas, surge hoy la propuesta de concesionar los servicios de limpia de los municipios. Lo anterior algunos municipios lo han manejado como una salida de los vicios producidos en una relación con sindicatos y organizaciones llamadas *clientelares*. De hecho ya existen en el país algunas experiencias de este tipo, que es necesario evaluar. Esto sin duda, puede conducir a la formación y desarrollo de empresas del subsector que puedan sostener la formación de personal, que no dependerá de los cambios políticos. Hoy día, hay en el país una oferta creciente de servicios en materia de planeación proyectos y manejo de los residuos sólidos, que son los inicios de la conformación de un subsector empresarial.

El tema de la gestión es sin duda de gran importancia, en esta tesis se aborda con el fin de mostrar algunos elementos de diagnóstico y se plantean acciones estratégicas sin embargo hay aquí un campo para estudios especializados en ingeniería organizacional, social y financiera.

El mayor dinamismo del crecimiento demográfico de México se da hoy en las llamadas ciudades medias, vale decir en aquellas que tienen entre cien mil y un millón de habitantes, y algunas menores, como se demuestra en el capítulo 5, sobre aspectos demográficos, lo que hace prever para ellas un problema creciente en el subsector de los residuos sólidos. En las grandes metrópolis como México, Guadalajara, Monterrey y Puebla, se tienen problemas de otra magnitud y complejidad. Se trabaja un estudio de caso para los 57 municipios de la zona oriente del estado de México, que permite visualizar problemáticas diversas ya que entre estos existen municipios de distinto grado de urbanización y unos 27 están conurbados con el Distrito Federal y al estudiarlos se entra en la problemática de la gran ciudad.

La planeación de los residuos sólidos, como la de otros subsistemas del sistema urbano esta vinculada a condicionantes socioeconómicas y técnicas, que no son las mismas en las distintas ciudades del país y además son cambiantes en el tiempo, de tal manera que si se quiere conocer las áreas de suelo urbano que demandará el sistema resulta altamente riesgo e ineficaz aplicar parámetros de planeación ( $M^2$  por habitante). La planeación por parámetros alguna vez establecidos por una institución, tratado o manual, para ciertas condiciones económicas, sociales, culturales y técnicas se ha utilizado a menudo en planes urbanos, para luego no ser respetada por los técnicos que realizan los proyectos urbanos, debido a su alto grado de inadecuación a la realidad. Esta crítica a la planeación normativa a sido desarrollada por el Dr. Fernando Greene Castillo, en sus clases de Estructura Urbana, en la Maestría de Urbanismo de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, quien recomienda estudiar los **estándares del entorno** (municipios o delegaciones), conocer los valores altos bajos y medios del contexto y fijar valores para cada caso con apoyo en ese conocimiento. Es por esta razón que los dimensionamientos de instalaciones que se hacen en este trabajo están referidos a determinadas elecciones tecnológicas que se especifican y a una

realidad económica, física, social y cultural a la que se hace referencia, por lo que no se deben aplicar a un caso concreto sin un análisis previo y adecuación a las condiciones específicas de este. Esta tesis propone aplicar un tipo de planeación que contenga un estudio del entorno como propone el Dr. Greene y que avance hasta el nivel de **ingeniería básica** de los grandes proyectos de infraestructura y equipamiento, incorporando en el proceso de planeación a los técnicos e instituciones responsables de cada sector. Se emplea el término de ingeniería básica, extraído de la ingeniería económica, para indicar que se trata del nivel de desarrollo adecuado para realizar, con una aproximación razonable, los cálculos económicos que son necesarios para el estudio de proyectos de inversión. En el caso de obras de índole social como son las de infraestructura y equipamiento, el estudio reviste como es conocido, una dificultad en la medición de los llamados beneficios sociales y ambientales, pero que es solvenatable. En el caso de los residuos sólidos el proceso de puede estudiar íntegramente como proyectos de inversión interrelacionados. En esta tesis se tendrá siempre presente el aportar elementos, ideas y modelos para mejorar los procesos y alcances de la planeación de los residuos sólidos.

### 3. OBJETIVOS.

#### 3.1. Genérico.

La presente tesis se orienta a la definición de estrategias para la generación, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, a la luz de las condiciones económico sociales, políticas y culturales que vive el México de hoy, con énfasis en la definición de los procesos y las configuraciones espaciales donde se realizan, de modo que se minimice el impacto ambiental y el deterioro de la calidad de vida que implica el manejo inadecuado de estos residuos por los municipios, dentro de parámetros razonables de costos. Se hará énfasis en el problema de las ciudades medias, con referencias al problema de las pequeñas y de las grandes metrópolis.

El objetivo arriba enunciado tendrá concreción en la medida que la metodología y los modelos que se van a proponer sean aplicados a los casos particulares en la realización de proyectos integrales de ingeniería de manejo de residuos sólidos.

De aquí en adelante se utilizarán las siglas **RSM** para designar a los residuos sólidos municipales, que se deben entender como aquellos que no son peligrosos, según la norma voluntaria mexicana NMX-AA91-1987 (cuyas imperfecciones se discuten en el apartado 7.1.).

realidad económica, física, social y cultural a la que se hace referencia, por lo que no se deben aplicar a un caso concreto sin un análisis previo y adecuación a las condiciones específicas de este. Esta tesis propone aplicar un tipo de planeación que contenga un estudio del entorno como propone el Dr. Greene y que avance hasta el nivel de **ingeniería básica** de los grandes proyectos de infraestructura y equipamiento, incorporando en el proceso de planeación a los técnicos e instituciones responsables de cada sector. Se emplea el término de ingeniería básica, extraído de la ingeniería económica, para indicar que se trata del nivel de desarrollo adecuado para realizar, con una aproximación razonable, los cálculos económicos que son necesarios para el estudio de proyectos de inversión. En el caso de obras de índole social como son las de infraestructura y equipamiento, el estudio reviste como es conocido, una dificultad en la medición de los llamados beneficios sociales y ambientales, pero que es solventable. En el caso de los residuos sólidos el proceso de puede estudiar íntegramente como proyectos de inversión interrelacionados. En esta tesis se tendrá siempre presente el aportar elementos, ideas y modelos para mejorar los procesos y alcances de la planeación de los residuos sólidos.

### 3. OBJETIVOS.

#### 3.1. Genérico.

La presente tesis se orienta a la definición de estrategias para la generación, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, a la luz de las condiciones económico sociales, políticas y culturales que vive el México de hoy, con énfasis en la definición de los procesos y las configuraciones espaciales donde se realizan, de modo que se minimice el impacto ambiental y el deterioro de la calidad de vida que implica el manejo inadecuado de estos residuos por los municipios, dentro de parámetros razonables de costos. Se hará énfasis en el problema de las ciudades medias, con referencias al problema de las pequeñas y de las grandes metrópolis.

El objetivo arriba enunciado tendrá concreción en la medida que la metodología y los modelos que se van a proponer sean aplicados a los casos particulares en la *realización de proyectos integrales de ingeniería de manejo de residuos sólidos*.

De aquí en adelante se utilizarán las siglas **RSM** para designar a los residuos sólidos municipales, que se deben entender como aquellos que no son peligrosos, según la norma voluntaria mexicana NMX-AA91-1987 (cuyas imperfecciones se discuten en el apartado 7.1.).

### 3.2. Particulares.

Diagnosticar la generación de residuos sólidos a nivel nacional y para el estudio de caso (municipios de la zona oriente del estado de México).

Conocer, diagnosticar los problemas sociales derivados de la interacción con los sectores sindicales, sociedad civil, comercio e industria, involucrados en el proceso de los RSM, para establecer las condicionantes socio - culturales del sistema de manejo de residuos sólidos.

Diagnosticar la recolección de los RSM, a nivel nacional y para el estudio de caso (municipios de la zona oriente del estado de México).

Diagnosticar el tratamiento y aprovechamiento de los RSM, desde una perspectiva ecológica (visión de largo plazo).

Diagnosticar los procesos de disposición final de los RSM, a nivel nacional y para el estudio de caso (municipios de la zona oriente del estado de México)

Desarrollar estrategias y acciones estratégicas para los procesos sociales, de recolección, tratamiento y disposición final de los RSM.

Construcción del sistema de RSM como parte del sistema ciudad, a partir de los diseños parciales del mismo que se desprenden de los puntos anteriores.

Definir lineamientos para el dimensionamiento y la localización adecuada de las instalaciones del sistema integral de recolección, transferencia (cuando corresponda), tratamiento - aprovechamiento y disposición final.

## 4. MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO.

### 4.1. General

Los esfuerzos de fundar un pensamiento "holista y sistémico" de la "conciencia ambientalista", llevan a E. Leff y J. M. Montes (1986, pg. 39), a revisar las dificultades por hacerlo surgir de la hoy necesaria integración interdisciplinaria y proponen las ideas de Morello (1982, pg., 51), que se basa en "articular la lectura social y la natural, enfrentando situaciones concretas vía demandas muy ajustadas de un saber a otro. Estas demandas generan adecuaciones metodológicas, técnicas y de lenguaje en una tarea que se caracteriza por ser un proceso: *dialéctico*, que surge de las contradicciones que caracterizan el esfuerzo de interrelacionar dos saberes, *sistémico*, porque obliga a analizar dinámicamente (y estructuralmente) interrelaciones y complementariedades (así como exclusiones entre diferentes saberes); *selectivo*, porque obliga a buscar para cada problema

### 3.2. Particulares.

Diagnosticar la generación de residuos sólidos a nivel nacional y para el estudio de caso (municipios de la zona oriente del estado de México).

Conocer, diagnosticar los problemas sociales derivados de la interacción con los sectores sindicales, sociedad civil, comercio e industria, involucrados en el proceso de los RSM, para establecer las condicionantes socio - culturales del sistema de manejo de residuos sólidos.

Diagnosticar la recolección de los RSM, a nivel nacional y para el estudio de caso (municipios de la zona oriente del estado de México).

Diagnosticar el tratamiento y aprovechamiento de los RSM, desde una perspectiva ecológica (visión de largo plazo).

Diagnosticar los procesos de disposición final de los RSM, a nivel nacional y para el estudio de caso (municipios de la zona oriente del estado de México)

Desarrollar estrategias y acciones estratégicas para los procesos sociales, de recolección, tratamiento y disposición final de los RSM.

Construcción del sistema de RSM como parte del sistema ciudad, a partir de los diseños parciales del mismo que se desprenden de los puntos anteriores.

Definir lineamientos para el dimensionamiento y la localización adecuada de las instalaciones del sistema integral de recolección, transferencia (cuando corresponda), tratamiento - aprovechamiento y disposición final.

## 4. MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO.

### 4.1. General

Los esfuerzos de fundar un pensamiento "holista y sistémico" de la "conciencia ambientalista", llevan a E. Leff y J. M. Montes (1986, pg. 39)., a revisar las dificultades por hacerlo surgir de la hoy necesaria integración interdisciplinaria y proponen las ideas de Morello (1982, pg., 51), que se basa en "articular la lectura social y la natural, enfrentando situaciones concretas vía demandas muy ajustadas de un saber a otro. Estas demandas generan adecuaciones metodológicas, técnicas y de lenguaje en una tarea que se caracteriza por ser un proceso: *dialéctico*, que surge de las contradicciones que caracterizan el esfuerzo de interrelacionar dos saberes, *sistémico*, porque obliga a analizar dinámicamente (y estructuralmente) interrelaciones y complementariedades (así como exclusiones entre diferentes saberes); *selectivo*, porque obliga a buscar para cada problema

categorías críticas; *iterativo*, porque es un acercamiento por aproximaciones; *no restrictivo* (abierto), porque busca alternativas de enriquecimiento mutuo entre los dos (o más) saberes” (Leff y Montes. 1986, pg. 39). Se considera que el tema a abordar debe integrar saberes provenientes de varias vertientes disciplinarias en la orientación descrita por Leff.

La utilización de la teoría general de sistemas, para definir un sistema de limpia y manejo de residuos sólidos será una orientación del trabajo (enfoque procesual - sistémico). Concebido como un sistema que va desde los hábitos y procesos de generación de los residuos hasta la disposición final o a la reinserción por algún tipo de tratamiento, siendo un todo interrelacionado, no existen riesgos de que análisis seccionados de partes del proceso, conduzcan a orientaciones deficientes por no considerar las interacciones con las otras partes. Tratándose de un conjunto de procesos de cierta complejidad, interrelacionados y que tienen implicancias urbano - espaciales, se trata de definir el sistema que expresa sus elementos y relaciones y su vinculación con el sistema ciudad (se tomarán definiciones básicas de estructura, organización y sistemas de García R. 1986, pg. 54).

En cuanto a la búsqueda de marco conceptual para el proceso de “espacialización” de los sistemas que se diseñarán se recurrirá a la modelística analógica y simbólica que nos permita por una parte trazar planos y establecer en la dimensión de orden 2, la que es de orden  $n$ , por otra establecer modelos matemáticos que permitan a la optimización de estos sistemas en términos económicos considerando las restricciones ambientales y sociopolíticas que se establezcan. (Chadwick 1980, p. 65, 66).

Son conocidos los aportes de la investigación operativa (IO), concretamente la *programación lineal en los problemas de la recolección y la disposición final* y los modelos gravitatorios aplicados al estudio de localización de sitios de disposición final por lo que se describirán y discutirán en esta tesis.

La metodología procesual del trabajo, se basa en la elaboración de un diagnóstico, que permita a la luz de la experiencia nacional e internacional elaborar estrategias, para cada fase del proceso y para el proceso en su conjunto. Lo anterior permite definir un sistema de residuos sólidos como subsistema del sistema ciudad y la espacialización de este se consigue sobre la base de revisar la experiencia nacional e internacional de demanda de espacios para el proceso que responde a las estrategias diseñadas, parametrizando estos requerimientos en función del volumen y peso de los residuos. La demanda espacial se localiza en la práctica en la ciudad de manera diversa, pero el estudio apunta a establecer criterios de localización y dimensionamiento y proponer ideas tipo en la materia.

#### **4.2. Aplicación según temas.**

Las bases metodológicas que aquí se plantean, se aplican en el seccionamiento del estudio de la manera que se resume a continuación:

### **4.2.1. En el diagnóstico.**

#### **De la generación de residuos.**

El fenómeno social asociado al tema de los RSM, tiene varios ángulos uno de ellos nos interesa en materia de análisis de la producción de los RSM y se refiere a las costumbres o cultura de generación de ciertos residuos. En el estudio de la generación se considera útil una revisión crítica de los residuos que produce nuestra sociedad y aquí es necesario recurrir a la lectura socio - antropológica y la descripción del ambiente económico en que se desarrolla.

#### **De los actores del sistema de limpia.**

El estudio de estos se abordará primero definiendo el contexto actual de los problemas del sector social asociado al manejo de los RSM, vale decir las tendencias de implantación de una economía neoliberal y sus consecuencias en los servicios urbanos y entre ellos el servicio de limpia de las ciudades. Lo referente a la integración de saberes se aplica en este tema donde se imbrican los aspectos sociológicos, políticos, económicos y técnicos.

#### **De la recolección.**

En este tema como en los siguientes se requiere en primer término una visión sistémica y espacial del problema. Por una parte se trata de la definición de un sistema de RSM como parte de un sistema ciudad y este último como parte de un sistema de ciudades.

En el caso de la recolección se requiere conocer la cobertura y frecuencia y las maneras como se realiza la recolección (opciones técnicas), así como se efectúa el diseño de las rutas de recolección. Se definirá el momento en que es necesario considerar las estaciones de transferencia y se buscará conocer el equipo con que se realiza la recolección, en el universo de nuestro estudio. Una visión de este tipo es un levantamiento técnico de la ingeniería de la recolección.

En las propuestas se debe analizar el valor de estudios de la vertiente de programación lineal y los modelos gravitacionales.

Pero se debe cruzar la problemática técnica con la social generada por las condiciones actuales de operación de los sistemas municipales de limpia.

#### **Del tratamiento.**

En materia de tratamiento se recurre a un análisis crítico de las experiencias realizadas lo que se concibe como evaluación de aspectos generales de las opciones tecnológicas a las que se ha acudido y sobre las que se ha indagado. La ingeniería del tratamiento se sondea en este capítulo en un nivel de catastro de técnicas de tratamiento conocidas y sus resultados en el país. Se recurrirá a la

lectura crítica de estudios en la vertiente de "estado del arte del tratamiento de los RSM".

### **De la disposición final.**

En esta materia, que involucra el transporte con transferencia según el caso, se recurrirá a una revisión crítica de la localización de los rellenos sanitarios (en caso de contarse con ellos) y su relación espacial con el resto del sistema de los RSM. Se tratará el tema de la economía de escala del relleno sanitario.

Se vuelve aquí a tratar el tema de la problemática social al referirnos a las sociedades de pepenadores asociadas al proceso de disposición final.

#### **4.2.2. En la formulación de estrategias.**

En la definición de las estrategias, cuenta en primer término la visión crítica del diagnóstico y el tratamiento de la espacialización del sistema RSM y su relación con el sistema ciudad y el sistema de ciudades. Se discuten las opciones tecnológicas y sociales adecuadas en general a la realidad mexicana, que deberán estudiarse caso a caso escalándose de acuerdo a la población de estas y especificándose en términos de particularidades físico climáticas, económicas y sociales. Un tema clave a desarrollar es el del tamaño económico del relleno sanitario que conduce a plantear la viabilidad del relleno sanitario regional para dar servicio a varias ciudades.

#### **4.2.3. En la construcción del sistema espacializado.**

En la construcción del sistema espacializado proyectaremos se establecerá primero el flujo procesual y se pasará de este a las relaciones físicas entre espacios. Simplificando el problema a dos dimensiones, se mostrará la forma de aplicar mapas y hacer uso de la cartografía para los estudios de localización de los elementos que intervienen.

## **5. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.**

### **5.1. La dinámica de la población en México.**

Un fenómeno de crecimiento poblacional y urbanización rápida ha presentado México durante este siglo. En los primeros setenta años (de 1900 a 1970), mientras la población rural supera la duplicación al pasar de 12.2 a 27 millones la urbana se proyecta en 15 veces al aumentar de 1.4 a 22 millones. La mayor parte seguía siendo rural a principios de los setenta, pero la dinámica del crecimiento demográfico natural y las migraciones pronto cambiarían esta relación. La fuerza del proceso de urbanización se da principalmente entre 1940 y 1970, la treintena

lectura crítica de estudios en la vertiente de "estado del arte del tratamiento de los RSM".

### **De la disposición final.**

En esta materia, que involucra el transporte con transferencia según el caso, se recurrirá a una revisión crítica de la localización de los rellenos sanitarios (en caso de contarse con ellos) y su relación espacial con el resto del sistema de los RSM. Se tratará el tema de la economía de escala del relleno sanitario.

Se vuelve aquí a tratar el tema de la problemática social al referirnos a las sociedades de pepenadores asociadas al proceso de disposición final.

### **4.2.2. En la formulación de estrategias.**

En la definición de las estrategias, cuenta en primer término la visión crítica del diagnóstico y el tratamiento de la espacialización del sistema RSM y su relación con el sistema ciudad y el sistema de ciudades. Se discuten las opciones tecnológicas y sociales adecuadas en general a la realidad mexicana, que deberán estudiarse caso a caso escalándose de acuerdo a la población de estas y especificándose en términos de particularidades físico climáticas, económicas y sociales. Un tema clave a desarrollar es el del tamaño económico del relleno sanitario que conduce a plantear la viabilidad del relleno sanitario regional para dar servicio a varias ciudades.

### **4.2.3. En la construcción del sistema espacializado.**

En la construcción del sistema espacializado proyectaremos se establecerá primero el flujo procesual y se pasará de este a las relaciones físicas entre espacios. Simplificando el problema a dos dimensiones, se mostrará la forma de aplicar mapas y hacer uso de la cartografía para los estudios de localización de los elementos que intervienen.

## **5. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.**

### **5.1. La dinámica de la población en México.**

Un fenómeno de crecimiento poblacional y urbanización rápida ha presentado México durante este siglo. En los primeros setenta años (de 1900 a 1970), mientras la población rural supera la duplicación al pasar de 12.2 a 27 millones la urbana se proyecta en 15 veces al aumentar de 1.4 a 22 millones. La mayor parte seguía siendo rural a principios de los setenta, pero la dinámica del crecimiento demográfico natural y las migraciones pronto cambiarían esta relación. La fuerza del proceso de urbanización se da principalmente entre 1940 y 1970, la treintena

del crecimiento sin precedentes de la población y la economía del país: en el 40 el 80% de la población era rural y en el 70 sólo el 55%. En el periodo 40 - 70, durante la expansión económica del país, asociada al modelo económico de sustitución de importaciones, se cree que es deseable un crecimiento demográfico fuerte. Así mientras la economía crece a ritmos del 6 y 7% anual, la población lo hace a una tasa promedio del 3% anual, pasando de 20 millones en el 40, a 50 millones en el 70, aparejado a una intensificación de la estructura joven de la pirámide de edades. Incide en este fenómeno el impacto de la introducción de tecnologías sanitarias y un gasto social notable, elevando la esperanza de vida de la población de 41.5 años en 1940 a 62.1 años en 1970, mientras la tasa bruta de reproducción se mantiene por encima de 3 hijas por mujer en edad reproductiva (15 a 49 años). (Alva, 1977, pg. 17,19, 31,32, 46 y 79).

Es en el periodo 40 a 70 cuando se produce el fenómeno de concentración urbana en primer lugar en la ciudad de México y en segundo en Guadalajara y Monterrey dando lugar al fenómeno conocido como metropolización, que se refiere a la continuidad físico - ecológica de los procesos de concentración, expansión y de dominio de una ciudad sobre una región (denominada región metropolitana). Se tienen el área urbana como un continuo de urbanización y la zona metropolitana con asentamientos que permanecen bajo la influencia de la ciudad sin formar necesariamente un continuo urbano con esta (Unikel, 1978, pg. 118). La ciudad de México en 1940 tenía 1.8 millones de habitantes y en 1970 alcanzaba los 8.8 millones.

Es en el decenio de los setenta que los ritmos de crecimiento de la población empiezan a ser cuestionados, se tiene la certeza de que es necesario desalentar una explosión demográfica que no va unida a un mejoramiento de los niveles de vida, sino por el contrario hace cada vez más difícil otorgar a la población los satisfactores mínimos. Es así que entre 1972 y 1974 se produce el cambio de la política gubernamental en la materia, que se traduce en el desaliento de fecundidad buscando el equilibrio entre desarrollo económico y desarrollo demográfico y que tiene expresión en un instrumento jurídico de gran importancia que es la Ley General de Población (1974). Es en la década del 70 que se empieza a producir un cambio demográfico en el país: la tasa global de fecundidad que en 1970 es de 6.78 hijos, pasa en 1975 a 5.6, en 1980 a 4.65, en 1985 a 3.97 y en 1990 a 3.39 hijos (CONAPO, 1993), lo que representa un cambio sin precedentes. Sin duda la intervención del sector público en campañas y promoción del uso de anticonceptivos y otros medios de freno a la fecundidad, cumplió un papel de importancia en el descenso de las tasas, por otra parte las dificultades económicas crecientes dan el marco adecuado para que la acción del estado surta efecto.

Al mismo tiempo en el periodo 70 al 90 hay un aumento importante de la esperanza de vida de 60.99 años en 1970 a 71.02 en 1990, sin embargo la tasa de crecimiento se logra abatir de tal forma que entre 70 y 80 la población crece al 2.9% y entre 80 y 90 lo hace al 2.3%. En 1995 fecha del Censo General de Población y Vivienda se puede calcular una la tasa de crecimiento del orden de 1.8% (existe polémica sobre estas cifras, por distintos criterios de cálculos de

ajustes de las poblaciones censales de 1980 y 1990, originados por las deficiencias de cobertura del censo de 1980, ver Camposortega, 1994, pg. 4,5,6 en Demos 1994).

Lo anterior representa, en cualquier postura de cálculos, lo que se ha llamado una *transición demográfica*, que aún no concluye y está caracterizada esencialmente por la desaceleración del crecimiento de la población, (a pesar de que en números absolutos los crecimientos son todavía notables), cambios en la estructura por edades de esta y urbanización. Este fenómeno, de freno a nivel global, no implica una desaceleración del proceso de urbanización, ni menos del crecimiento de las ciudades medias, que mediante la recepción de fuertes corrientes migratorias presentan tasas todavía importantes.

## **5.2. El fenómeno de urbanización y las ciudades medias.**

A pesar de la desaceleración general del crecimiento poblacional, el fenómeno de la urbanización continua en avance, en una nueva dinámica distributiva, caracterizada por una gran movilidad de la población nunca antes observada. En 1950 poco más de 3.5 millones de personas vivían en una entidad diferente a la de su nacimiento, en 1970 el número se incrementó a 7.5 millones y en 1990 a 15.4 millones, cifras que representan cerca del 12.9%, 14.5% y 18.1% de la población del país en los años indicados (Corona y Tuirán, 1994, pg.21 y 22 en Demos 1994).

Por otra parte observamos una desaceleración de los flujos a los 3 grandes centros metropolitanos de México, y en menor medida de Guadalajara, Monterrey y Puebla, para orientarse hacia las ciudades medias, y un subgrupo de estas que experimenta un notable poder de atracción. En 1950 había 13 asentamientos entre 100,000 y un millón de habitantes, en 1970 se contaban 37 y en 1990 alcanzaban la cifra de 56. En el 90 concentraban cerca del 23.7% de la población total y el 39% de la población urbana del país, mientras que dos décadas antes representaban el 16.6 % del total de la población y un 33.6% de la urbana. (Garza, 1992, Ruiz, 1993, citados por Corona y Tuirán, 1994, pg. 21 y 22 en Demos 1994). En el Cuadro 1 del Anexo 1, se muestra el conjunto de 57 ciudades medias y sus cifras de población a partir de 1900 cada 10 años según, los censos de población y en la Gráfica 1, del Anexo 2, se representa el crecimiento. Como puede apreciarse la tasa de crecimiento alcanzó una cota alta de 5.3% en el periodo 60 al 70 y desciende hasta 4.03% entre 80 y 90, pero a pesar de esta baja es una tasa altísima, cuyas implicancias en los valores absolutos de población son considerables. La población de estas ciudades suma a 1990, 17.9 millones de habitantes. Donde si se observa la desaceleración es en el crecimiento de la ciudad de México y en una menor medida en las otras metrópolis (Cuadro 2, Anexo 1, Gráfica 2, Anexo 2). Esto indica que las corrientes migratorias se han reorientado con preferencia mayor en el destino de las ciudades medias que en el de las 4 grandes metrópolis, aún mas en el caso de la ciudad de México se observan flujos negativos inmigración - emigración con despoblamiento de las delegaciones centrales. Pero observando el fenómeno metropolitano en que se inscribe esta ciudad, donde confluyen 16 Delegaciones y 33 municipios (32 del

estado de México y uno del estado de Hidalgo (Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, SEDESOL, et. al., 1996, pg. 33 y 34), se puede notar un movimiento migratorio que va de las delegaciones y Municipios saturados a los contiguos no saturados en los que se tienen crecimientos fuertes de población.

Por otra parte, las ciudades con población entre 50,000 y 99,999 habitantes presentan un gran dinamismo, aumentando en la década 80 - 90, fuertemente su porcentaje de participación de la población urbana del país. En 1940 las ciudades de más de 100 mil habitantes representaban el 59.6% de la población urbana del país, este porcentaje sube a 79.0 % en 1980 y desciende un poco en la década 80-90 a 77.3 %, mientras en este periodo las del rango entre 50,000 y 99,999 aumentaban en 66.7 % su participación en la población urbana, (Programa Nacional de Desarrollo Urbano, 1995 – 2000, SHCP, 1995). Es claro que en números absolutos estos crecimientos, impactan mucho menos que el crecimiento de las ciudades medias y las metrópolis en sus periferias, pero marca un interesante fenómeno al que se debe prestar atención, en función de una tendencia nueva de relocalización de las actividades productivas en el contexto nacional y regional.

El proceso de relocalización industrial se puede estudiar a partir del proceso de globalización económica mundial, y de la tendencia a implantar un modelo neoliberal, donde las grandes empresas se localizan en áreas de ventajas comparativas, donde es cada vez menos importante el aspecto de cercanía a un mercado local. El abaratamiento de los transportes por los diferentes medios y modos que se ofertan en el mundo, permite hoy competir a distancia con productos de un valor agregado cada vez menor, así vemos que se exportan productos que antes no hubiéramos creído que pudieran resultar competitivos en un mercado externo.

Lo anterior tiene consecuencias importantes en materia de planeación urbana, ya que acorde con esta dinámica de la población, deben preverse y planearse, las reservas territoriales del crecimiento, la infraestructura, el equipamiento y los servicios urbanos, dentro de ellos el servicio de limpia de las ciudades que implica el sistema de manejo de los RSM, mismos que crecen en relación directa con el tamaño de la población y con el grado de urbanización y en materia de disposición final los menores costos de transporte por tonelada hace que se pueda pensar en localizaciones regionales de los sitios.

### **5.3. Los AGEB como instrumentos de planeación.**

Desde el Censo General de Población y Vivienda de 1990 se cuenta en México con un "nuevo" y valiosísimo instrumento de conocimiento de la realidad demográfica del país: las Áreas Geoestadísticas Básicas o AGEB. Estas venían trabajándose con anterioridad, desde el censo de 1980, pero es a partir de 1990 que se publican resultados en esta agregación en el censo y que pueden compararse con los datos del conteo de 1995. Las AGEB son una definición territorial

establecida por INEGI que permite *espacializar* dentro de un municipio los datos a un nivel de agregación de gran utilidad para la planeación urbana en general. En los censos anteriores la información se presentaba agregada por municipio o Delegación y ni siquiera permitía separar el área urbana del área rural, ahora existe la separación de los AGEB urbanos y los rurales y dentro de estas categorías se desagregan por zonas homogéneas.

El INEGI define las AGEB como "unidades fundamentales del Marco Geoestadístico Nacional, que dividen el territorio del país en espacios menores a la división municipal". Estas divisiones presentan "límites perdurables de fácil reconocimiento en el terreno". La AGEB rural es aquella que "delimita una superficie donde no existen localidades de 2500 habitantes o más, ni cabeceras municipales"; la AGEB urbana es la que "delimita el total o una parte de una localidad de 2,500 habitantes o más, o de una cabecera municipal".

En la definición de las AGEB urbanas se hicieron las siguientes consideraciones: la subdivisión es sistemática y homogénea, más pequeña que la localidad pero con límites perdurables y de fácil acceso; su definición contempla los conceptos básicos del fenómeno urbano; su sistematización, actualización y consolidación (reclasificación de AGEB rurales y urbanas) permite comparar las características de las unidades en el tiempo; sus límites se basan en las características geográficas o de infraestructura permanente y fácilmente identificables en el terreno (tales como avenidas principales, calles, canales, vías de ferrocarril, ríos, etcétera) (Medina, 1993, citado por Aguado et. al. 1995, pg. 73).

Los parámetros que se utilizan, en el marco de los criterios señalados, asignar una o más AGEB urbanas a una localidad, son: que la localidad cuente con un conjunto convencional que oscile entre 25 y 50 manzanas, perfectamente delimitado; la localidad debe tener una población igual o mayor a 2500 habitantes; la localidad sea cabecera municipal aún sin cumplir los parámetros anteriores; que los usos del suelo en la localidad sean. habitacional, industrial, servicios, comercial, recreativa, etcétera (Medina, 1993, citado por Aguado et. al. 1995, pg. 73, 74).

Estas definiciones permiten una gran variabilidad en la definición de las AGEB, para el efecto de buscar la *homogeneidad urbana*, concepto no fácil de definir pero en la práctica no tan difícil de aplicar si se conoce la ciudad con que se trabaja, donde las AGEB deben revelar espacios de densidades relativamente parejas, involucrar sectores de ingresos en un cierto rango por tanto las construcciones deben obedecer a un rango de calidad y consolidación urbana.

El nuevo nivel de agregación es considerablemente más fino en comparación con el que se contaba anteriormente, por ejemplo la Delegación de Xochimilco del Distrito Federal en 1990, se ha dividido en 82 AGEB urbanos y el espacio rural aparece como 1 unidad censal. Para el Censo General de Población y Vivienda de 1995, se tienen 2 AGEB urbanos nuevos ganados al territorio rural y aparecen 34 urbanos nuevos producto de la subdivisión de 14 preexistentes (o sea se crece en 20 AGEB por efecto de esta subdivisión) y se divide el área rural en 5 AGEB, con

lo que el nuevo universo de urbanos es de 104 AGEB y de rurales de 5. La división así realizada permite la comparación de los datos censales 90 y 95 mediante el siguiente procedimiento: para los urbanos se separan los dos que eran rurales y los 102 restantes se agrupan en las 82 subdivisiones de 1990 y así se pueden comparar los datos. Los dos urbanos creados de áreas rurales y los 5 nuevos rurales que emergen en 1995 se deben sumar y comparar con el único rural de 1990. Naturalmente en el censo del 2000 se podrá tener nuevos agrupamientos y realizar una operación similar con 1995.

También se cuenta con cartografía digitalizada que permite crear un sistema de información geográfica donde se pueden realizar cruces de información relativos los datos del censo, que INEGI aporta en archivos digitales, con las variables espaciales. Lo anterior permite, a nivel de AGEB, conocer el estado y tener la comparación 90-95, por ejemplo de: las densidades brutas de habitantes y viviendas por hectárea, de los ingresos por habitante, de la calidad de la vivienda y servicios, de la estructura de edades y de todas las variables por ahora contempladas en el Censo 95, pero en el 2,000 se ampliarán a todas las que considera el Censo.

Las limitaciones de este nuevo instrumento son producto de su proceso de puesta en marcha como sistema espacial de los censos, vale decir:

- Cartografía digitalizada muy deficiente a menudo fuera de escala lo que hace que para un buen análisis de las variables espaciales se deba recurrir a crear una cartografía a partir de estudios fotogramétricos y otras fuentes;
- La definición de lo urbano y lo rural puede tener deficiencias metodológicas. Por ejemplo se pueden estar considerando como urbanas áreas, que corresponden a zonas donde existen poblaciones que recientemente ocupan áreas naturales protegidas (ANP) y deben ser reubicadas. La definición que se ha usado en México de lo rural y lo urbano en base a la población ha sido la que surge de los trabajos de Luis Unikel, que consideró los 15,000 habitantes, como límite de las dos categorías. Hay legislaciones de asentamientos humanos estatales, como la del estado de México que establecen como urbano de más de 15000 habitantes, semiurbano de 10,000 a 15,000 habitantes, semi rural de 5,000 a 10,000 habitantes y rural de menos de 5,000 habitantes. Esto muestra que la división de lo urbano y lo rural de INEGI debe ser tomada con cuidado. Aun así la decisión puede ser tomada por el planeador según el criterio que estime conveniente después de estudiar un caso en particular y podrá si lo estima conveniente considerar como rurales algunos AGEB de borde de la ciudad que estudia.
- El AGEB es una unidad territorial que no corresponde a la de ninguna otra dependencia, como son unidades postales, distritos electorales, zonas fiscales, colonias y barrios, centros históricos y zonas de programas urbanos parciales por mencionar algunas.

En el caso de la planeación urbana es muy importante la delimitación dentro del municipio del área de actuación de lo urbano y las AGEB del borde de lo urbano, tal como se han definido arriba no tienen por que tomar en cuenta este límite. Por otra parte en el interior del área urbana, si se quiere estudiar un sector como una colonia o conjunto de colonias para el desarrollo de un Programa Parcial, por ejemplo, no encontramos a menudo que las AGEB no coinciden con el área de estudio. En este caso, lo que se puede hacer es son cálculos de proporciones a quitar o agregar de los datos censales, o levantamientos de las mencionadas zonas si se quiere ser preciso, cuidando de proyectar los datos censales a la fecha del conteo en la parte que nos falta.

A pesar de estas limitaciones, es necesario reconocer lo valioso del instrumento, que sin ser lo óptimo para los planeadores urbanos, es un salto de gran importancia en materia de información.

En materia de estudios de residuos sólidos, las AGEB permitirán que:

- Los estudios de generación, composición, peso volumétrico in - situ, capacidad calórica, determinación de humedad, PH y cenizas que al espacializarlos por AGEB, se puedan cruzar con datos censales como por ejemplo de ingresos o calidad de la vivienda y permitir un análisis que hasta la fecha se ha realizado con muchas limitaciones. Como por ejemplo la potencialidad de cada sector de la ciudad para la recuperación de subproductos y el reciclado de los mismos, estudios de factibilidad para algún proceso o tratamiento sobre la base de números cercanos a la realidad y que permitan conocer la rentabilidad económica de las inversiones en el sector.
- Ajustar los estudios de macrorutas y microrutas a una base más confiable de las cantidades de residuos a recolectar, mediante la aplicación de modelos de programación lineal. Si se cuenta además del peso de los residuos producidos por habitante del peso volumétrico y del número de habitantes de un AGEB y además se cuenta con una cartografía digitalizada donde es posible medir distancias de recorrido (dentro de la zona y al relleno sanitario o en su caso a la planta de transferencia) con mucha precisión y evaluar problemas de zonas con pendientes, se puede calcular con mucha precisión, el número de camiones necesarios de la forma en que se explica en el apartado 10.2.4.
- Contar con datos confiables para estudiar la localización económicamente más eficiente de una estación de transferencia mediante la aplicación de un modelo gravedad combinado con otro de programación lineal (Sánchez, 1996 pg.38 a al 85).

## **6. ASPECTOS LEGALES Y PROGRAMÁTICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.**

Desde la Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos hasta los Reglamentos Municipales de Limpia se constituye el marco legal para los residuos sólidos y entre ellos los municipales.

### **6.1. Disposiciones Constitucionales.**

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se establece:

#### Artículo 27

En su párrafo tercero señala que la Nación tiene el derecho de imponer a la propiedad privada lo que convenga al interés público y establecer las regulaciones sobre el aprovechamiento de los elementos naturales. Establece que se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y "establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población para preservar y restaurar el equilibrio ecológico..."

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

En las modificaciones al Artículo VII, realizadas en 1992, se facilita la posibilidad de que los ejidatarios adquieran la propiedad de sus derechos parcelarios y en consecuencia puedan vender estos a terceros así como se configura la posibilidad de establecer sociedad con el Estado o con particulares para la explotación de sus tierras. Lo anterior es de gran importancia para facilitar la obtención de terrenos para el desarrollo de rellenos sanitarios, que pueden darse en una variedad de modalidades, siguiendo las opciones, que se especifican en la Ley Agraria que se modificó a la par que el Artículo 27 Constitucional ya que es reglamentaria de este en la materia agraria.

#### Artículo 115

En su fracción III establece que los municipios con el concurso de los Estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes, tendrán a su cargo los servicios públicos, dentro de los que se encuentran el servicio de limpia. Los municipios de un mismo Estado, previo acuerdo entre sus Ayuntamientos, podrán coordinarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos que le corresponden.

## Artículo 73

En su fracción XXXIX - G, faculta al Congreso para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los Estados y de los Municipios en el ámbito de sus respectivas competencias en materia de protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico.

### **6.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.**

Esta ley fue publicada el 28 de enero de 1988 y sufre reformas y adiciones a varios artículos el 13 de diciembre de 1996, con el objeto de introducir los conceptos del *desarrollo sustentable* y corregir imprecisiones y faltantes.

Conforme a las disposiciones constitucionales del Artículo 73 en su fracción XXIX-G, esta ley conforma aspectos sustantivos del marco legal de los residuos RSM que se complementan con las Normas Mexicanas sobre residuos sólidos y las Leyes Estatales de Protección al Ambiente Estatales y disposiciones Municipales, que se contienen en los denominados Bandos.

Esta Ley define también un marco para los llamados residuos peligrosos, que no son materia de estudio en esta tesis, pero mantienen una frontera con estos que se puede dirimir con las normas mexicanas que los especifican, lo que es importante a la hora de identificar los residuos que no se deben aceptar en el relleno sanitario y que deben disponerse en un centro de confinamiento autorizado por la Secretaría de Protección al Ambiente Recursos Naturales y Pesca.

El articulado de la Ley, que menciona los residuos sólidos, se presenta resumido como sigue:

#### **Artículo 3.**

Se establece la definición de:

**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 generó;

**Residuos peligrosos:** Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente;

#### **Artículo 7.**

Se establece la competencia de los Estados en conformidad con sus leyes locales la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos (estos últimos quedan bajo una regulación de la

Federación), así como la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos que pueda tener su manejo sobre el medio ambiente y de conformidad al artículo 137 de esta Ley.

#### **Artículo 9.**

Dentro de las atribuciones de la SEMARNAP, esta la de expedir las normas técnicas para la recolección, tratamiento y disposición final de toda clase de residuos, en coordinación con la Secretaría de Salud y establecer regulaciones para las actividades concernientes a su manejo incluido la calificación de los sitios de disposición final.

#### **Artículo 120.**

En este artículo en lo referente a la protección al ambiente y en particular en lo referente al cuidado de los cuerpos de agua quedan sujetas a la regulación federal y local el vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

#### **Artículo 134.**

Establece que el estado y la sociedad deben controlar el proceso de los residuos sólidos desde su generación hasta su disposición final, a fin de prevenir y controlar la contaminación del suelo. En primer término señala que se deben reducir e incorporar técnicas para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final.

#### **Artículo 135.**

Establece los criterios referente a la prevención y control de la contaminación del suelo en términos de incidir en la ordenación del desarrollo urbano, la operación de los sistemas de limpia y de disposición final en rellenos sanitarios.

#### **Artículo 136.**

Norma que al depositar residuos en el suelo debe hacerse en condiciones para prevenir o evitar la contaminación de este, que sufra alteraciones nocivas en su proceso biológico, que alteren su aprovechamiento uso o explotación y que no genere riesgos para la salud.

#### **Artículo 137.**

Establece como competencia de los municipios o el Distrito Federal, conforme a sus leyes locales y las normas mexicanas el poner en funcionamiento el sistema de manejo de los residuos sólidos de la ciudad. En cuanto a la disposición final destaca la competencia de la SEMARNAP, en materia regulatoria y normativa.

**Artículo 138.**

La SEMARNAP promoverá acuerdos de coordinación con gobiernos estatales y municipales para la operación eficiente de los sistemas de limpia y en particular para la identificación de alternativas de reutilización y disposición final de residuos municipales.

**Artículo 139.**

Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetará a lo que disponga esta Ley, sus disposiciones reglamentarias y las normas técnicas ecológicas que para tal efecto se expidan.

**Artículo 140.**

Establece la sujeción a normas el manejo y disposición final de materiales de lenta degradación.

**Artículo 141.**

Señala que deben coordinarse la SECOFI y la SEMARNAP, para expedir normas oficiales para los empaques y envases de todo tipo de productos.

**Artículo 142.**

Establece la prohibición para importar residuos.

**Artículo 148.**

Establece la regulación por los municipios de actividades no altamente riesgosas cuando estas afecten al equilibrio de los ecosistemas.

**Artículo 149.**

La regulación del Art. 148 aplica cuando se trata de actividades de las que resultan descargas de residuos al drenaje o sean integrados a los residuos municipales. Vale decir que los residuos no peligrosos asimilables a los municipales, generados por estas actividades, forman parte de la competencia municipal.

**Artículo 158.**

Para los efectos del artículo anterior, la SEMARNAP impulsará el fortalecimiento de la conciencia ecológica, a través entre otros conceptos del correcto manejo de los residuos y para esto se coordinará con Estados y Municipios.

### **Artículo 134.**

Establece que “para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios: I. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo; II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos; y III. Es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; e incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje.

### **Artículo 135.**

Señala que “los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo se consideran, en los siguientes casos: I. La ordenación y regulación del desarrollo urbano; II. La operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios III. Las autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos.

### **6.3. Comentarios al marco legal.**

El marco legal que se ha expuesto debe ser completado con las legislaciones estatales y los bandos municipales. En el caso de las legislaciones estatales es necesario revisar al menos la Ley de Ecología del Estado y las Leyes Orgánicas Estatales y Municipales.

Algunos municipios cuentan con reglamentos pero en general no aportan precisiones adicionales y en la mayoría se carece de estos reglamentos.

Se exponen algunas observaciones a partir del marco legal general y del particular para el Estado de México y el Distrito Federal estudiado por el autor de esta tesis:

La legislación es vaga en los que se refiere a lo que son los servicios municipales de limpia y esto parte de la falta de una definición clara de los residuos sólidos municipales quedando en terreno impreciso los residuos de la construcción, los residuos industriales y agrarios no peligrosos y los residuos voluminosos. La norma mexicana voluntaria NMX-AA-1987 sobre los residuos municipales, se acerca a la definición correcta pero es necesario hacerla más precisa. También se requiere especificar mejor el servicio de aseo público. En 7.1. esta tesis aborda el tema de una definición de los residuos municipales discutiendo la norma mencionada y proponiendo una clasificación.

En materia de la prestación de los servicios de aseo urbano y recolección, los usuarios no cuentan con una base jurídica para demandar estándares de ningún tipo, tanto en materia de regularidad como de calidad de los servicios de aseo, recolección. La disposición final en rellenos sanitarios tiene una norma que protege al ambiente y garantiza una operación sanitaria eficiente sin embargo presenta carencias en la restricciones al sitio en materia de productividad agrícola y protección de lugares de valor paisajístico.

Es necesario normar los estándares mínimos del aseo urbano y la recolección.

La Ley establece que los Ayuntamientos deben otorgar el servicio de limpia, no les permite cobrar por él a los usuarios. Sin embargo, en muchas ocasiones, a través de pagos directos como propinas a los permisionarios del sistema o a los propios empleados del ayuntamiento el usuario paga, e indirectamente sostiene mediante sus impuestos a un sistema ineficiente de plantilla sobredimensionada. Es mejor que los usuarios paguen al ayuntamiento por un servicio *bien especificado* y este lo proporcione mediante su concesión o directamente.

#### **6.4. Marco programático.**

El marco programático está constituido por el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa de Medioambiente 1995 - 2000, los programas estatales de desarrollo y medioambiente que correspondan, los programas nacional, estatal, municipal y de centro de población de desarrollo urbano, los programas de ordenamiento ecológico territorial, mismos que tienen ámbitos federal, estatal, municipal y regional. Todos estos programas tienen referencias al tema pero los que dedican una sección sustantiva son los programas de ordenamiento territorial.

Se presentan algunos aspectos de lo dispuesto en el Programa de medioambiente 1995 - 2000, haciendo referencia a su enmarcamiento en el Plan Nacional de Desarrollo.

#### **Programa de medioambiente 1995 – 2000.**

Se sustenta en el Plan Nacional de Desarrollo y las leyes vigentes, principalmente la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Se señalan algunos aspectos centrales de la orientación que se traza en este programa, omitiendo las cifras de diagnóstico que se comentan más adelante.

El Programa de Medioambiente 1995 - 2000, se formula centralmente a partir de los objetivos del desarrollo sustentable, que compatibiliza la satisfacción de las necesidades y aspiraciones sociales de hoy, con el mantenimiento de equilibrios biofísicos y sociales indispensables para el propio proceso de desarrollo, actual y futuro de México.

El Programa se apoya en un proceso participativo de planeación y sustenta su viabilidad y operatividad, a partir de un conjunto de instrumentos de política ambiental, entre estos instrumentos se cuentan las normas oficiales mexicanas; la regulación directa y el licenciamiento industrial; instrumentos económicos; evaluación de impacto ambiental; ordenamiento ecológico del territorio; regulación ambiental para el desarrollo urbano sustentable; regulación directa de residuos y riesgo ambiental; autorregulación; establecimiento y manejo de áreas naturales protegidas; regulación directa de vida silvestre; información ambiental; convenios, acuerdos y participación social; educación e investigación, estímulos al cumplimiento de la Ley e inspección y vigilancia.

Dentro de las directrices que se toman del **Plan Nacional de Desarrollo** señala que: "la estrategia se centrará en consolidar e integrar la normatividad y en garantizar su cumplimiento. Asimismo define lineamientos para frenar las tendencias de deterioro ecológico, inducir un ordenamiento del territorio nacional, tomando en cuenta que el desarrollo sea compatible con las aptitudes y capacidades ambientales de cada región; aprovechar de manera plena y sustentable los recursos naturales, como condición básica para la superación de la pobreza y cuidar el ambiente y los recursos naturales a partir de una reorientación de los patrones de consumo y un efectivo cumplimiento de las leyes".

Igualmente establece que este conjunto de políticas y acciones estarán permeadas por una estrategia de descentralización en materia de gestión ambiental y de recursos naturales, lo que aporta al fortalecimiento del sistema federal.

En Programa se plantea que " la transición hacia un desarrollo sustentable exige cambios institucionales de fondo, que abarquen a la administración pública, al sistema de precios, al marco normativo y regulatorio, a los patrones culturales dominantes y a la estructura de participación y corresponsabilidad de toda la sociedad"... "el cambio se aboca a lograr que las conductas privadas de individuos y de organizaciones colectivas converjan en forma agregada hacia el objetivo social de la sustentabilidad del desarrollo. Una transformación como la que se indica sólo se puede conducir a través de un proceso gradual y ordenado de evolución institucional..."

Las políticas públicas que instrumenten el cambio se basarán en algunos principios generales entre los que se destacarán los siguientes: *prevención* que significa que la acción preventiva es más eficiente que la acción remedial; *subsidiariedad*, que implica que los asuntos públicos se resolverán en la instancia administrativa más cercana al ciudadano que sea posible (también: principio de descentralización); *quien contamina (o quien provoca daños en ecosistemas) debe pagar* y finalmente *equidad*. Estas políticas públicas exigen una rápida evolución del sistema regulatorio.

### **Los residuos sólidos urbanos.**

Plantea el programa que lo que conocemos como residuos sólidos es un conglomerado de materiales muy diversos, del que una proporción alta (30 ó 40%) posee un gran valor potencial como insumos para la industria; tal es el caso del vidrio, papel, cartón, metales y plásticos, los cuales son, de hecho, los materiales que más se recolectan en México. Señala además que "la materia orgánica, por su parte, se puede transformar en un eficaz fertilizante y muchos de sus componentes tienen un elevado contenido energético que puede ser recuperado en plantas termoeléctricas especializadas". Por ello, concluye, puede afirmarse que la basura es un recurso de la sociedad y, desde luego, es un objeto de interés económico.

Las soluciones, nos indica el programa, deben buscar las proporciones óptimas de uso de los procedimientos disponibles. Entre ellos, básicamente, habrá que tomar

en cuenta, en primer lugar, aquellos destinados a la minimización de los volúmenes generados y al tipo de materiales de desecho, pero, también, a la recolección y disposición final de los mismos. En este último aspecto, mediante el reuso y reciclaje de residuos, así como la utilización de rellenos sanitarios, la incineración (este es un proceso muy costoso si se realiza debidamente) y composteo de la basura que no pueda ser eliminada por esos otros medios.

El sistema de recolección, por ejemplo, es una parte importante del manejo de los RSM. En algunas ocasiones llega a representar hasta un 80% de los costos totales que el municipio destina para resolver el problema. En general, en México, la recolección abarca un 70% del total de RSM, pero, sólo un bajo porcentaje de ese total, poco más del 17%, se dispone en rellenos sanitarios; el resto (83%) se deposita en tiraderos a cielo abierto. Por su parte, el 30% que no se recolecta se abandona en calles y lotes baldíos, se tira en basureros clandestinos o en cauces de ríos y arroyos. Además, la práctica de disponer los residuos sólidos en basureros a cielo abierto, repercute negativamente en la calidad del aire, el agua y suelos, así como en la salud de los habitantes.

### **El ajuste estructural.**

El programa expone que tras el ajuste estructural de 1982-1983, se experimentó una redefinición del papel del estado. En este proceso, de manera progresiva, se fue desmantelando el esquema de protección externa y, entre 1985 y finales de 1987, se avanzó hacia una desprotección prácticamente generalizada, la cual afectó a varias de las ramas que habían sido fundamentales en la estrategia anterior. La liberalización económica se consolidó principalmente con el ingreso de México al GATT, y posteriormente con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Desde el punto de vista ambiental cabe señalar que el ajuste económico hizo que se afectaran las tendencias que propiciaban un uso intensivo de energía y recursos, ya que se modificaron sus precios a niveles internos más reales y más cercanos a los precios internacionales, si bien con ello se redujo la ventaja frente a los competidores externos.

### **Sectores industriales más importantes en la generación de contaminantes.**

En términos de sectores contaminantes, el programa señala que es de notarse la importancia creciente de la producción de electricidad, seguida por la producción minera y manufacturera. Se calcula que, entre 1950 y 1970, la intensidad de la contaminación, medida como el volumen anual en kilogramos de emisiones por millón de dólares de producto, creció en un 50%, sobre todo por la contribución de empresas intermedias. De 1970 a 1989, dicha intensidad creció otro 25%, el cual se atribuye al crecimiento de las inversiones del sector público en las industrias de la petroquímica y de los fertilizantes, ocurrido principalmente en el período de 1978 a 1982.

No existe un inventario exhaustivo de contaminantes totales generados por el sector industrial, pero se ha procurado estimar la importancia de las diferentes industrias a través de métodos indirectos.

Podemos distinguir estados con una alta intensidad de generación de contaminantes por parte del sector industrial con relación a su producto, como parece ser el caso de Chiapas, Guanajuato, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz. Otros estados, en cambio, a pesar de su alta concentración de industrias, presentan una baja intensidad de contaminación por unidad de producto industrial, como es el caso de los estados de México, Puebla, Jalisco y Nuevo León y el Distrito Federal. Esto indicaría que la industria de las principales zonas metropolitanas del país es, por unidad de producto, considerablemente más limpia que su equivalente en muchos otros estados y regiones. Se ha estimado que el Estado de México produce un total de 236.2 Tons./año, de residuos peligrosos, significando un 14.6 % del total del país estimado en 1621.8 Tons./año en un estudio Mercado, Domínguez y Fernández (1995, citado en el Programa de Medioambiente 1995-2000), teniendo un índice relativamente bajo de toneladas de contaminante por millón de dólares de producto con relación al resto de país, siendo este de 8.8 frente a un nacional de 10.7.

### 6.5. Comentarios del marco programático.

Debe tenerse en cuenta que la Ley ha reservado el término de *Plan* para el Plan Nacional de Desarrollo Urbano sin embargo y para el resto de la planeación en los 3 órdenes del gobierno se aplica el de *Programa*. Cabe señalar que esto es una decisión semántica, que está asentada directamente en el párrafo segundo del Art. 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos donde se refiere a los fines de la Planeación establece que las aspiraciones de la comunidad serán asentadas en el Plan Nacional de Desarrollo (PNDU) y a él se sujetarán los Programas, y en la Ley de Planeación (reglamentaria del Art. 26, constitucional), en el Capítulo IV se establece el sistema nacional de planeación presidido por un plan del cual se desprenden distintos tipos de programas. En rigor semántico, no hay una razón clara para esta decisión que no sea la explicitar la jerarquía del PND.

Un primer aspecto que se debe comentar es que la planeación urbana, que se concreta en los programas de desarrollo urbano y la planeación ecológica que se realiza en los programas de ordenamiento ecológico territorial, tienen bordes imprecisos en nuestra legislación, esto se ha podido comprobar, por el autor de esta tesis, estudiando 14 leyes y 9 programas entre federales, estatales y municipales que se constituyen en marco Legal y Programático del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Zona Oriente del Valle de México, que abarca los 57 Municipios conurbados con el Distrito Federal. La planeación urbana tiene *dimensión territorial* en los niveles federal, estatal y municipal y aunque suene a una tautología, decimos que es específicamente urbana cuando se hace para un centro de población, (en el sentido que su ámbito de estudio y de propuestas se constriñe espacialmente a la "mancha urbana" y el exterior a ella es

analizado, como afectaciones externas), y la Ley de Desarrollo Urbano la facultad para estudiar y definir las actividades y por ende los usos del suelo en el ámbito de los territorios correspondientes. Lo que se plantea en la Ley de equilibrio ecológico y protección al ambiente para los programas de ordenamiento territorial. Este es un problema que se analiza en el Programa de medioambiente 1995 - 2000, que establece un orden de precedencia donde primero es el ordenamiento ecológico territorial y segundo el desarrollo urbano, pero será necesario revisar las leyes mencionadas para dejar aclarada desde la norma misma la secuencia de la planeación.

El programa 1995-2000, pone el acento en los procesos de aprovechamiento de los reciclables y habla de la compostación como un proceso para producir "un eficaz fertilizante" (lo que es inexacto ya que la composta no puede calificarse como fertilizante, es sólo un "mejorador de suelos"). En este sentido si bien el reciclado e incluso la compostación (cuando el mercado permita un proceso factible, o el municipio determine subsidiar su producción, para restaurar algunos suelos degradados), son orientaciones que deben tomarse en cuenta, no es correcto crear falsas expectativas con relación a ellas. Por otra parte, así se desvía la atención de lo urgente, que es poner en operación rellenos sanitarios de acuerdo a lo dispuesto por la Ley. Si se parte del hecho que **de todas formas y por muchos años será necesario recurrir a rellenos sanitarios**, con todos los esfuerzos posibles para aplicar las 5 erres, se deberían destinar recursos federales y estatales, para orientar y apoyar a los municipios para el desarrollo y puesta en marcha de estos, para así mientras se reduce lo que llega a estos sitios, se tenga la tranquilidad de no estar provocando daños irreparables en nuestro suelo y perjuicios en la salud de la población. Se puede decir que las 5 erres son al sistema de limpia como la medicina preventiva es a la salud de los pacientes. Y la metáfora resulta literal, al pensar en la población, que está sufriendo de variadas enfermedades producto de los vectores infecciosos de los tiraderos a cielo abierto prácticamente adosados a muchas de nuestras ciudades (hay que agregar los "pacientes" suelo y agua).

En este sentido se ha orientado el trabajo desde la SEDESOL, de asesoría a municipios, aunque con recursos todavía muy limitados. Al visitar municipios, se percibe en ocasiones una inmovilidad (por distintas causas) frente a la clausura del tiradero a cielo abierto y la puesta en marcha urgente de un relleno sanitario después del estudio correspondiente, pero si se destinan recursos a programas de reciclo con escasos resultados. En otros casos se realizan los proyectos pero falta la voluntad política para ponerlos en marcha.

## 6.6. Normas Técnicas Mexicanas y Normas Oficiales Mexicanas.

Según la Ley Federal de Metrología y Normalización (01/07/92), se rige la normalización de los procesos, productos, instalaciones, sistemas, actividades, servicios, métodos de producción u operación así como la terminología, la simbología, el embalaje el marcado y el etiquetado. Se dividen en normas oficiales mexicanas (NOM) y normas mexicanas (NMX), siendo las primeras de observancia

obligatoria y las segundas aunque no lo son, se espera que uniformicen criterios en los ámbitos de aplicación arriba señalados. En el caso de los residuos sólidos municipales existen una serie de normas mexicanas que sustentan los procesos de análisis de los residuos y una norma oficial que norma la disposición final. Se presentan en el Cuadro 3 del Anexo 1, identificando su clave, objetivo, fecha de publicación en el diario oficial y relación con otras normas.

En la elaboración las normas que se presentan, en participación diferida según el caso, han intervenido los siguientes organismos: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (extinta), Dirección de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental; Departamento (hoy Gobierno) del Distrito Federal, Planta industrializadora de Desechos Dirección General de Estudios Prospectivos, Dirección General de Programación de Obras y Servicios, Comisión de Ecología, Dirección de Desechos Sólidos; Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía; Celanese Mexicana, S.A.; Secretaría de Salubridad y Asistencia; Consejo Técnico de la Secretaría de Mejoramiento del Ambiente; Secretaría de Agricultura y Ganadería, Instituto de Investigaciones Forestales; Guanos y Fertilizantes de México, Subgerencia de Investigación; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Unidad de Normalización Básica y Control de Calidad; Instituto Mexicano del Petróleo, Secretaría de Recursos Hidráulicos, centro de Investigación y Entrenamiento para el Control de la Calidad del Agua;

Es necesario tener clara la frontera de los residuos peligrosos de los no peligrosos ésto se consigue con la norma oficial mexicana NOM-CPR-001/93; que establece las características de los RP, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. La normativa de los residuos peligrosos incluyen además de esta varias normas (ver, Cortinas y Vega, 1993, pg.86 a la 97).

## 7. DEFINICIONES Y PROCESO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

### 7.1. Definición y clasificación de los residuos sólidos.

#### El término residuo.

Conviene aclarar que los términos desechos o basura que forman parte del lenguaje española, que se han utilizado y utilizan corrientemente, se han descartado desde hace algún tiempo del lenguaje oficial especializado en México, con el objeto de promover una concepción distinta del material que queda como resultado de un proceso introduciendo el término **residuo** en sustitución de los anteriores. La palabra **residuo** tiene un carácter neutro, puede interpretarse como algo factible de usar nuevamente y no necesariamente de **desechar** o tirar, como proyectan los términos basura o desecho, que tienen significados peyorativos en el lenguaje

obligatoria y las segundas aunque no lo son, se espera que uniformicen criterios en los ámbitos de aplicación arriba señalados. En el caso de los residuos sólidos municipales existen una serie de normas mexicanas que sustentan los procesos de análisis de los residuos y una norma oficial que norma la disposición final. Se presentan en el Cuadro 3 del Anexo 1, identificando su clave, objetivo, fecha de publicación en el diario oficial y relación con otras normas.

En la elaboración las normas que se presentan, en participación diferida según el caso, han intervenido los siguientes organismos: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (extinta), Dirección de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental; Departamento (hoy Gobierno) del Distrito Federal, Planta industrializadora de Desechos Dirección General de Estudios Prospectivos, Dirección General de Programación de Obras y Servicios, Comisión de Ecología, Dirección de Desechos Sólidos; Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía; Celanese Mexicana, S.A.; Secretaría de Salubridad y Asistencia; Consejo Técnico de la Secretaría de Mejoramiento del Ambiente; Secretaría de Agricultura y Ganadería, Instituto de Investigaciones Forestales; Guanos y Fertilizantes de México, Subgerencia de Investigación; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Unidad de Normalización Básica y Control de Calidad; Instituto Mexicano del Petróleo, Secretaría de Recursos Hidráulicos, centro de Investigación y Entrenamiento para el Control de la Calidad del Agua;

Es necesario tener clara la frontera de los residuos peligrosos de los no peligrosos ésto se consigue con la norma oficial mexicana NOM-CPR-001/93; que establece las características de los RP, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. La normativa de los residuos peligrosos incluyen además de esta varias normas (ver, Cortinas y Vega, 1993, pg.86 a la 97).

## 7. DEFINICIONES Y PROCESO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

### 7.1. Definición y clasificación de los residuos sólidos.

#### El término residuo.

Conviene aclarar que los términos desechos o basura que forman parte del lengua española, que se han utilizado y utilizan corrientemente, se han descartado desde hace algún tiempo del lenguaje oficial especializado en México, con el objeto de promover una concepción distinta del material que queda como resultado de un proceso introduciendo el término **residuo** en sustitución de los anteriores. La palabra **residuo** tiene un carácter neutro, puede interpretarse como algo factible de usar nuevamente y no necesariamente de **desechar** o tirar, como proyectan los términos **basura** o **desecho**, que tienen significados peyorativos en el lenguaje

español, como algo inútil, inservible o malo. Sabemos que el lenguaje es una *expresión directa de la conciencia*, idea desarrollada desde Carlos Marx - en Introducción a la Crítica de la Economía Política - o en la concepción de la neurobiología de Humberto Maturana y F. Varela (1984, pg. 137 a 155) se reconoce en el lenguaje el sentido de lo humano, y el eje de la conducta. De esta forma en planes y programas y en las leyes atinentes, se usa actualmente el término residuo, así mismo en los nombres de los elementos de las estructuras orgánicas de entidades públicas como son Direcciones, Subdirecciones y Jefaturas de Departamentos.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Art., arriba expuesta) define de manera adecuada lo que son los residuos y los residuos peligrosos, por lo que a continuación nos abocaremos a definir y clasificar los residuos sólidos municipales.

### **Definición y clasificación.**

En la **norma mexicana voluntaria NMX-AA-1987**, referente a la calidad del suelo se definen los **residuos municipales** como: " aquellos residuos que se generan en casa habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, bienes muebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicios y en general todos aquellos generados en actividades municipales que no requieren técnicas especiales para su control. Excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigación.

O sea se incluyen en los RM, los habitacionales, los comerciales, los de servicios, los de equipamientos, los de la vía pública, los no peligrosos industriales, mineros, agrarios y de la construcción. No todos estos residuos municipales se envían al mismo sitio de disposición final como se explicitará en cada caso.

Los residuos peligrosos o CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos inflamables y biológico infecciosos), de producción industrial y hospitales y laboratorios, tienen un manejo que es normado y controlado por la SEMARNAP por lo que se descartan de la clasificación de residuos municipales en la definición por requerir de "técnicas especiales para su control".

La definición no incluye la palabra *sólidos*, por lo que se puede entender que las aguas y lodos residuales, estarían dentro de la clasificación si no requieren de un tratamiento especial (la mayoría lo necesitan), pero su normativa por la SEMARNAP y la intervención en materia de aguas de los organismos de ese sector hace que se deban considerar separados. Sin embargo, los lodos tratados que pueden aprovecharse en explotaciones agrícolas, si su calidad lo permite (contenido de metales pesados y características bacteriológicas) o bien pueden ser objetos de un vertido controlado. El vertido controlado puede realizarse en zanjas, superficie o conjunto con los residuos sólidos en el relleno sanitario, también

existen procesos de incineración aplicados a lodos (Cordero y Cuadros, 1987, pg. 24 a la 53).

Un caso especial lo constituyen los llamados objetos voluminosos generados por cualquiera de los agentes de los RSM como son mobiliario y equipo de desecho y no deben ser enviados al relleno sanitario o vertedero, en algunos países desarrollados el Servicio de Limpia designa un día, para que estos residuos sean sacados a la vía pública por los usuarios y un vehículo proporcionado por el sistema los retire. En México generalmente son retirados por compradores especializados o levantados sobre las unidades de recolección municipal para ser vendidos en los centros de compra de reciclables.

La responsabilidad de la recolección de los residuos, puede ser limitada por el municipio a una cierta cantidad en peso o volumen. En el Distrito Federal por ejemplo se norma un límite de 200 Kg., que se asimila al volumen de un "tambo de 200 lts." de capacidad, aunque la densidad de los residuos sólidos es en promedio inferior a la del agua (entre 400 y 700 Kg./m<sup>3</sup>). Las empresas entonces deben contratar o contar con un transporte privado para mandar sus residuos según el caso al relleno sanitario o a otro sitio autorizado por el municipio, esto da origen a dos categorías de residuos que se destinan al mismo sitio de disposición final: los de recolección de responsabilidad del municipio y los que deben ser transportados por cargo de los propios usuarios.

En varios textos y documentos se encuentra la clasificación de residuos domiciliarios y no domiciliarios aplicada de diferente manera. En el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en la ZMVM, (DDF et. al., 1997, en el apartado 4.1. de ese texto), el término domiciliario se define para los estrictamente habitacionales y esta es la definición más extendida, pero en Los Demonios del Consumo (Restrepo et. al., 1991, pg. 25), se definen como "la suma de basuras que se generan en los hogares, a la que se agregan aquellos desechos de oficinas, comercios y otros establecimientos como escuelas y restaurantes..." . Sin embargo hay al menos una tercera versión que califica como domiciliarios a los que recoge el sistema de limpia municipal, excluyendo los que por su volumen son de responsabilidad de cada centro de generación. Es importante tener presente esto a la hora de comparar las cifras de generación de diferentes fuentes, en esta tesis se mencionará en cada caso si la fuente define sus términos. Cabe hacer notar que si atendemos al significado literal de la palabra domiciliario serían tales todos los residuos municipales y peligrosos, salvo los de la vía pública, ya que todos proceden de un domicilio.

Un aspecto importante a considerar para el buen manejo de los residuos sólidos es que las competencias estén claras entre las instancias de gobierno federal estatal y municipal, por lo que es necesario tener claro desde las definiciones los ámbitos de cada instancia.

A la luz de los problemas de definición, que se han expuesto se presentan a continuación definiciones que esta tesis establece y que nos permitirá hablar sin

ambigüedades de cada conjunto o subconjunto de los residuos sólidos municipales.

**Residuos Sólidos Municipales (RSM)**, (o Delegacionales en el caso del Distrito Federal) son aquellos residuos sólidos producidos en el territorio de la entidad mediante cualquier actividad, que no estén catalogados como peligrosos por la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamentación.

Se ha preferido una definición por comprensión para evitar resquicios y acotada a los residuos sólidos que corresponden a la competencia del Municipio o Delegación.

**Residuos Sólidos Municipales de Relleno Sanitario (RSMRS)**, son aquellos residuos sólidos municipales cuyas características físico químicas permiten que sean dispuestos en los sitios denominados rellenos sanitarios que operan bajo la norma NOM - 083 - ECOL- 1984, de tal forma que no se tengan afectaciones o entorpecimientos a los sistemas mecánicos de disposición de los residuos. Proviene de distintas fuentes habitacionales, no habitacionales y de la vía pública, y sus cantidades en volumen y peso permiten calcular la vida útil del sitio.

**Residuos Sólidos Habitacionales (RSMH)**, son los RSM, producidos en las casas habitación producto de las actividades de limpieza, preparación de alimentos y desecho de materiales, utensilios, muebles, equipos domésticos y restos de trabajos de reparación y mantenimiento.

Dentro de los residuos habitacionales y en todas las categorías de residuos hay una cierta cantidad de residuos peligrosos, como son medicamentos caducos, baterías, algunos envases de pesticidas, insecticidas y productos de limpieza etc. El municipio debe instruir a su población para el manejo de estos residuos.

**Residuos Sólidos Comerciales (RSMC)**, son los RSM, producidos en los establecimientos comerciales y centros de abasto.

**Residuos Sólidos de Equipamientos y Servicios (RSMES)**, son los RSM, producidos en los establecimientos de equipamientos y servicios.

**Residuos Sólidos de Equipamientos Hospitalarios (RSH)**, son los producidos por los hospitales, laboratorios y veterinarias. Se separan de los otros equipamientos porque producen diariamente tanto residuos peligrosos como no peligrosos, vale decir una parte son de relleno sanitario y otra requiere de tratamiento. Los que no son peligrosos pueden llamarse residuos sólidos municipales hospitalarios (**RSMH**).

**Residuos Sólidos de la Construcción (RSC)**, son los producidos por las obras de construcción y demolición de todo tipo de edificios e infraestructura. En general no son peligrosos pero hay una cantidad de estos que si los son, los primeros los denominaremos residuos sólidos municipales de la construcción (**RSMC**). Su

disposición se debe realizar en sitios autorizados por el municipio (tiros), aunque eventualmente pueden ser aceptados en rellenos sanitarios si el proyecto y la operación de estos los requiere.

**Residuos Sólidos Industriales (RSI)**, son los generados en la actividad industrial del municipio. Estos residuos son los más variados en características físicas y químicas, pueden ser peligrosos y no peligrosos. Los no peligrosos los podremos llamar residuos sólidos municipales industriales (**RSMI**). Aunque se cataloguen como no peligrosos, cuando su característica o combinación de características físicas impidan o dificulten el trabajo de las máquinas del relleno sanitario, deben destinarse a un sitio especial de disposición industrial. En este último caso generalmente las empresas los almacenan en sus propios patios y tratan de venderlos para ser reciclados por otros, pero cuando no cuentan con el espacio adecuado y/o no pueden venderlos de inmediato y les estorban, aparece la necesidad un sitio externo, que en general surge como un negocio privado, que cobra por el servicio de retiro de los residuos y se beneficia con su venta.

Nótese que las industrias, los talleres generan una cierta cantidad de residuos similares a los de las casas habitación, producto de comedores e incluso, empaques y embalajes de materias primas y que son generalmente retirados por el servicio domiciliario de limpia, o enviados por las mismas empresas al sitio municipal de disposición final.

**Residuos Sólidos Mineros (RSM)**, son los generados en la extracción de minerales metálicos y no metálicos. Pueden ser peligrosos y no peligrosos. Habrán no peligrosos y serán residuos sólidos municipales mineros (**RSMM**).

**Residuos sólidos agropecuarios (RSA)**, son los generados en las actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Habrán no peligrosos y serán residuos sólidos agrarios municipales (**RSAM**).

Los residuos sólidos agropecuarios no peligrosos, que son generalmente reciclados tratados y/o quemados en las unidades agropecuarias, deben ser objeto también de una regulación municipal y como se aprecia en la lectura de la norma voluntaria que define a los municipales no son explícitamente enumerados, como tampoco lo son, los industriales no peligrosos, pero pudieran caber en el término "todos aquellos generados en actividades municipales que no requieren técnicas especiales para su control". Es conveniente que así se entienda, para que el Municipio y el Estado, normen, regulen y controlen su manejo con apego a la Ley.

**Residuos sólidos de la vía pública (RSVP)**, son los RSM generados en las vialidades, parques, zócalos espacios públicos abiertos. La recolección es de responsabilidad municipal.

## **Clasificación.**

Existen muchas formas de clasificar los residuos sólidos, dependiendo de los objetivos del estudio que se quiera realizar sobre ellos, vale decir un sociólogo que desea investigar sobre los factores culturales asociados al consumo de bienes y servicios de distintos estratos sociales a partir de un análisis de los residuos sólidos de estos, los clasificará de distinta manera que un ingeniero que desea investigar sobre transporte de residuos sólidos y requerimientos de infraestructura vial. En el caso de este estudio, atendiendo al *objetivo de espacialización de los procesos de los residuos sólidos*, la clasificación que se propone busca ser consistente con la definición posterior de los elementos espaciales que intervienen en los procesos que siguen los residuos. Por otra parte la clasificación está en la base de la construcción de un sistema, que por una parte exprese los elementos físicos del mismo y sus relaciones y por otra los procesos encadenados que siguen los residuos desde su generación hasta su disposición final. Dicha clasificación, se presenta en el Cuadro 4 del Anexo 1, así mismo se identifica el destino final por fuente generadora.

### **7.2. El ciclo de los residuos sólidos.**

Los estudios sobre residuos sólidos tienen siempre una presentación del ciclo de los residuos sólidos, que es una simplificación o modelo de los procesos encadenados desde su generación como punto de partida, hasta su disposición final o integración a un nuevo proceso ubicado en el punto de partida. Se presentan dos diagramas que tienen como trasfondo los objetivos y metodología de este estudio: descripción de procesos y evidenciar los espacios de realización de esos procesos.

En la Gráfica 3 se muestran los procesos de los residuos sólidos y sus relaciones en forma de diagrama de flujo, en la Gráfica 4 se muestran los espacios donde se realizan los procesos y sus relaciones tipo salida - entrada que mantienen entre sí. En esta Gráfica se destacan ciertos procesos que calificamos de no deseables y que normalmente no se incluyen en diagramas de este tipo, aquí se presentan con el objeto de identificar su existencia y abordar posteriormente, el tema de las acciones que se pueden emprender para eliminarlos. Estos procesos no deseables están asociados a una problemática económica y social.

## **8. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO.**

### **8.1. Generación.**

#### **8.1.1. La calidad de la información.**

Es necesario adelantar que la información con que se cuenta en materia de generación de residuos es en general insuficiente y muchas veces confusa y de

## **Clasificación.**

Existen muchas formas de clasificar los residuos sólidos, dependiendo de los objetivos del estudio que se quiera realizar sobre ellos, vale decir un sociólogo que desea investigar sobre los factores culturales asociados al consumo de bienes y servicios de distintos estratos sociales a partir de un análisis de los residuos sólidos de estos, los clasificará de distinta manera que un ingeniero que desea investigar sobre transporte de residuos sólidos y requerimientos de infraestructura vial. En el caso de este estudio, atendiendo al *objetivo de espacialización de los procesos de los residuos sólidos*, la clasificación que se propone busca ser consistente con la definición posterior de los elementos espaciales que intervienen en los procesos que siguen los residuos. Por otra parte la clasificación está en la base de la construcción de un sistema, que por una parte exprese los elementos físicos del mismo y sus relaciones y por otra los procesos encadenados que siguen los residuos desde su generación hasta su disposición final. Dicha clasificación, se presenta en el Cuadro 4 del Anexo 1, así mismo se identifica el destino final por fuente generadora.

### **7.2. El ciclo de los residuos sólidos.**

Los estudios sobre residuos sólidos tienen siempre una presentación del ciclo de los residuos sólidos, que es una simplificación o modelo de los procesos encadenados desde su generación como punto de partida, hasta su disposición final o integración a un nuevo proceso ubicado en el punto de partida. Se presentan dos diagramas que tienen como trasfondo los objetivos y metodología de este estudio: descripción de procesos y evidenciar los espacios de realización de esos procesos.

En la Gráfica 3 se muestran los procesos de los residuos sólidos y sus relaciones en forma de diagrama de flujo, en la Gráfica 4 se muestran los espacios donde se realizan los procesos y sus relaciones tipo salida - entrada que mantienen entre sí. En esta Gráfica se destacan ciertos procesos que calificamos de no deseables y que normalmente no se incluyen en diagramas de este tipo, aquí se presentan con el objeto de identificar su existencia y abordar posteriormente, el tema de las acciones que se pueden emprender para eliminarlos. Estos procesos no deseables están asociados a una problemática económica y social.

## **8. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO.**

### **8.1. Generación.**

#### **8.1.1. La calidad de la información.**

Es necesario adelantar que la información con que se cuenta en materia de generación de residuos es en general insuficiente y muchas veces confusa y de

mala calidad, aunque, en los últimos años, se vienen haciendo en los municipios, numerosos estudios de generación, algunos cumpliendo con lo dispuesto en las normas nacionales arriba mencionadas o al menos con parte de ellas, la información está dispersa o su concentración en la SEMARNAP, no se ha evidenciado en un estudio que explicita las fuentes. A través de los estudios aislados o compilaciones de estos, no es fácil que nos formemos un panorama nacional riguroso de los residuos sólidos, debido a que estos trabajos tienen alcances distintos, fechas diferentes, no se realizan con regularidad, se apegan con distinto grado de rigurosidad a las normas mexicanas y se refieren a algunas ciudades del país, por lo que ofrecen una visión parcial y desactualizada. En esta tesis, se mencionan los resultados de los más importantes y haremos cálculos estadísticos a partir de uno de ellos, realizado por SEDUE - SEDESOL, que nos parece relevante por su cobertura y estar soportado por una encuesta, que hemos revisado en sus *datos crudos*.

Con relación a la desactualización, se debe señalar que el proceso de generación de residuos sufre cambios constantemente, en primer lugar, por un incremento constante de la cantidad de estos, que es atribuible al proceso de urbanización, que hemos reseñado y que tiene que ver un cambio de hábitos rurales por hábitos urbanos, siendo estos últimos generadores de una mayor cantidad de residuos. Por otra parte, por el desarrollo económico y sus tendencias globalizantes que conducen a la introducción de nuevas costumbres, procesos industriales y comerciales que tienen implicancias en la cantidad y tipo de residuos sólidos. Un ejemplo de esto último se ha vivido en México la década de los 90, con el desarrollo de la oferta de productos congelados en el mercado de los productos alimentarios, que tienden a que se disminuyan residuos orgánicos, producto del proceso de productos alimentarios no elaborados y la aparición de una mayor cantidad de empaques de diverso tipo que representan mayor volumen pero menor peso. Organismos estatales e instituciones de educación superior han realizado, a pesar de las dificultades que se comentan, esfuerzos por diagnosticar los residuos sólidos a nivel nacional y a continuación comentaremos sus resultados.

Otro problema de la información contenida en algunos estudios y programas es que no explicitan lo que están llamando residuos municipales, ni si corresponden o no a la norma voluntaria descrita, pero se puede entender por las cifras que aportan y la misma lectura de los documentos, que entienden por residuos municipales los que se disponen en el relleno sanitario o vertedero y que arriba hemos catalogado como la suma de los domiciliarios y los no domiciliarios y denominado con las siglas RSMRS, vale decir, usan el término municipal en una acepción restringida.

Un problema muy frecuente de las cifras que aportan los municipios, en las encuestas que se les hacen sobre su generación de residuos, es que al no contar con estudios de generación, hacen estimaciones de los volúmenes, mediante el número y capacidad de camiones del sistema municipal y los que envían por su cuenta los demás generadores a su relleno sanitario o vertedero, con la dificultad de que la recolección controlada por el municipio, tiene en su recorrido domicilios

mezclados de habitaciones con comercios y empresas (que generan una cantidad de residuos que están bajo el límite establecido por la entidad, para que no sean retirados por el servicio público).

Otro problema es que si la medición se realiza como se describe, o sea a partir del número y capacidad de los camiones que arriban a los rellenos sanitarios, se pierde la contabilidad de la *primera pepena*, que en la inmensa mayoría de los municipios se realiza durante la recolección. Por otra parte, hay que considerar otro factor de error, si los camiones no se pesan al llegar y al salir del vertedero y la estimación se hace sobre la base de un peso promedio transportado,. Si se quiere recurrir a calcular volúmenes y convertir estos a peso, multiplicándolos por la densidad se tiene el problema que a los sitios de disposición final arriban, normalmente, camiones con residuos compactados y otros sin compactación lo que dificulta ese procedimiento.

Como se menciona en el capítulo 6, Aspectos Legales y Programáticos de los Residuos Sólidos Municipales, los estudios de generación habitacional están normados en las Normas Oficiales Mexicanas. Estas permiten uniformar el procedimiento de definición de la muestra y los cálculos estadísticos que se realizan con los valores levantados para determinar los Kg./Hab./Día habitacionales para un Municipio o Delegación. Estos estudios se están realizando en el país, aunque se tienen los rezagos que arriba se comentan, en la encuesta SEDUE de 1992 a 87 ciudades, sólo un 46% de los encuestados manifestó haber realizado estudios de generación de residuos municipales y un 18.4% presentó datos de generación industrial. Sin embargo no todos estos estudios se realizaron siguiendo lo dispuesto en la norma mencionada. Lo que no se ha normado son los estudios de generación municipal y esto es en cierta medida un vacío que ha ocasionado las disparidades en cifras que se comentan. En los estudios que realizan los municipios para conocer sus residuos y calcular la vida útil de su relleno sanitario frecuentemente se hace el estudio de generación habitacional de acuerdo a normas y luego se aplica un factor porcentual para calcular los demás residuos, lo que es sin duda muy ligero como método de cálculo por la variabilidad que tienen los montos de los residuos no habitacionales. Por lo que en esta tesis se propone, más adelante, una metodología de cálculo.

### 8.1.2. Los estudios de generación y sus resultados.

En Programa Nacional para la Protección del Medioambiente 1990 - 1994, se da una cifra promedio nacional de 0.899 Kg./Hab./Día para 1995 de **residuos sólidos municipales** y se ofrece un desglose regional, con el Distrito Federal separado que figura con una cifra de 1.2 Kg./Hab./Día. No aporta cifras que desagreguen los residuos habitacionales (domiciliarios en gran parte de la literatura) de los no habitacionales dentro de lo Municipal. Entendemos que en este estudio se usa el término municipal en una acepción restringida, con relación la definición que propone esta tesis, referido a lo que es la suma de lo que arriba hemos definido como los residuos que se disponen en el relleno sanitario, o sea los RSMRS.

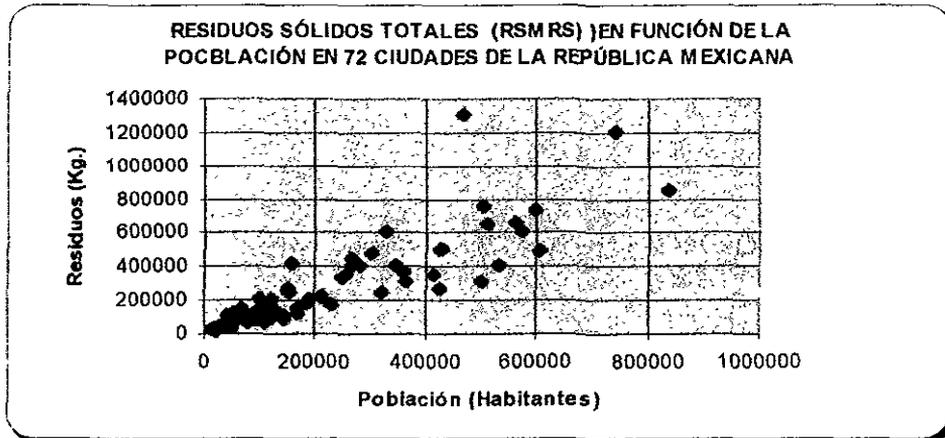
De acuerdo a la encuesta realizada en 87 ciudades medias, por SEDUE - SEDESOL, (1992, pg.28), se establece que el promedio de residuos que denomina domiciliarios, generados en 1992, era de 0.68 Kg./Hab./Día, lo que esta muy cerca del aportado por el anterior PNPM (Programa Nacional para el medio Ambiente 85-90), para 1990, e incluso la diferencia puede justificarse por el incremento natural de la producción de basura por la urbanización de la población, que según la antigua SEDUE, (1992, pg. 30) podía estimarse en un 2% anual per capita. Cabe mencionar que en este estudio se procesaron todos los datos de la encuesta aún cuando hay algunos donde se sobrestiman y otros donde se subestiman los residuos generados y pueden rechazarse, esto se hace en los Cuadros 5, 6 y 7 en el Anexo 1, y el promedio general no se afecta significativamente en esta operación quedando en 0.672 Kg./Hab./Día de residuos habitacionales, pero permite un trabajo estadístico más confiable con los datos.

La encuesta SEDUE se basa en la consulta a los municipios que reportaron sus datos sobre la base de estimaciones y/o estudios según el caso. El término domiciliario no fue definido, en la encuesta que preguntó por domiciliarios, comerciales e industriales, es probable que algunos encuestados hayan agrupado en domiciliarios los pequeños comercios y talleres que estan en las rutas de los camiones del servicio de limpia y hayan calculado estos mediante la capacidad y número promedios de estos vehículos. Esta cifra no corresponde entonces exactamente a los residuos habitacionales.

Según la encuesta SEDUE para 87 ciudades se puede inferir una cifra promedio de 1.18 Kg./Hab./Día de la suma de los RSMRS (Cuadro 5, del Anexo 1). En esta cifra hay que aclarar que varios municipios no han incluido los residuos industriales y comerciales y otros han presentado un estimado global de ambos. Para realizar estudios de correlación y zonificación con los datos de esta encuesta hemos rechazado 15 casos por no ser confiables, para esta depuración de datos, se han considerado otras fuentes como el PIMADI, que se cita más adelante, estudios posteriores de generación y consultas directas a los municipios, (Cuadro 6, Anexo 1), dejando reducida a la encuesta a 72 casos que se presenta en el Cuadro 7 del Anexo 1. La cifra de los RSMRS resultante es de 1.20 Kg./Hab./Día, la misma que presenta el PNPM 1995 - 2000.

En las Gráficas 5, 6 y 7 y tablas adjuntas se pueden apreciar las correlaciones lineales y logarítmicas de población versus: la generación total, la habitacional y la municipal no domiciliaria. De estas se puede inferir que el peso de los residuos sólidos es predecible en función del tamaño de la población que los genera en una aproximación aceptable para planeación global de los residuos municipales. La regresión lineal de población versus residuos totales es da una  $r$  cuadrado de 0.74 y la logarítmica de 0.72, para los residuos habitacionales estos valores son de 0.89 y 0.72 respectivamente y para los RSMRS los valores son de 0.43 y 0.39. Como se puede apreciar, en este último caso la correlación es muy baja y no aporta un valor útil para planeación, pero en el caso del total y en el de los domiciliarios es relativamente aceptable. Esto de debe a que como se ha explicado en los valores

de generación municipal no habitacional se presentan de defectos muy fuertes de información.

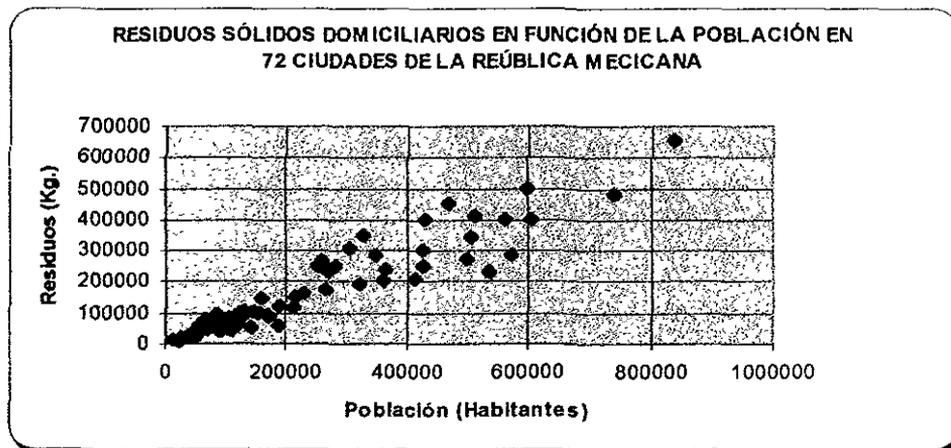


**Gráfica 5**

**Valores de la  
regresión lineal**

**Valores de la  
regresión logarítmica**

$Y = a + mx$	$y = bm^x$
$m = 1.661$	$m = 1.00000419$
$a = 7865.36$	$b = 69611.83$
$r^2 = 0.741$	$r^2 =$
$y = 7865.36 + 1.16x$	$y = 69611.83 (1)^x$

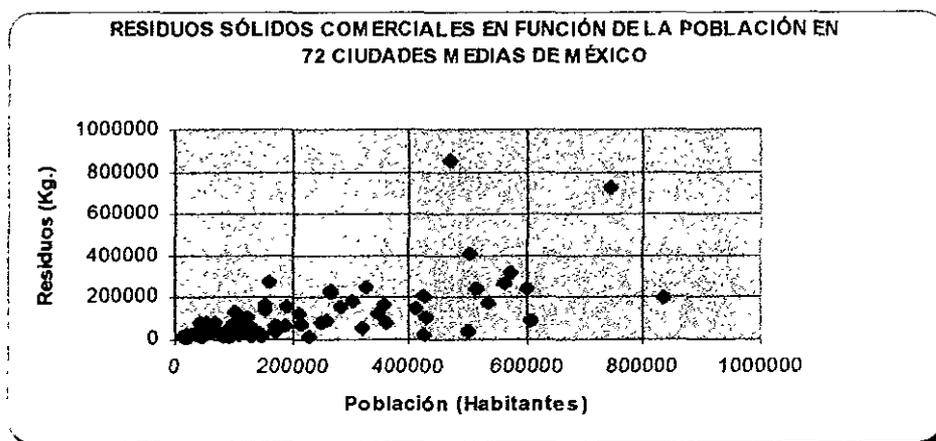


**Gráfica 6**

**Valores de la  
regresión lineal**

**Valores de la  
regresión logarítmica**

$y = a + mx$	$y = bm^x$
$m = 0.7057473$	$m = 1.00000447$
$a = -1444.81$	$b = 37,505.61$
$r^2 = 0.8926$	$y = 37,505.61 (1)^x$
$y = -1444.81 + 0.706x$	$y = 37,505.61 (1)^x$



**Gráfica 7**

**Valores de la  
regresión lineal**

**Valores de la  
regresión logarítmica**

$y = a + mx$	$y = bm^x$
$m = 0.46036$	$m = 1.00000381$
$a = 9310.17$	$b = 26,033.96$
$r^2 = 0.3822$	$r^2 = 0.3009$
$y = 9310.17 + 0.460x$	$y = 37,505.61 (1)^x$

Se trabajó con los datos de las 72 ciudades medias, estableciendo una regionalización en 5 zonas de la república mexicana: norte, centro norte y centro, sur y sur este (ver Cuadro 8 en Anexo 1) y se ordenaron las ciudades por tamaños. En el Cuadro 9 del Anexo 1 se muestran los datos concentrados de generación por zona y tamaño. Este Cuadro no es fácil de interpretar pero diremos que el aumento de rango de tamaño, dentro del ámbito de las ciudades medias, no indica necesariamente un aumento de la generación per - capita como pudiera esperarse pensando en que las ciudades mayores tienen ingresos per - capita superiores, pero sabemos que lo que cambia significativamente con el mayor ingreso de la población, no es el peso de los residuos, sino la composición. Por otra parte se está trabajando con valores de generación de RSMS, no muy confiables en la parte de los no habitacionales, por lo que se estima útil repetir el ejercicio con una muestra más amplia y valores más confiables en el rubro que se señala.

Una cifra más baja que la de la encuesta SEDUE, para los residuos habitacionales, es aportada por el PIMADI (Proyecto Interdisciplinario del Medio Ambiente y el Desarrollo Integrado, 1987 pg. 26 tabla 4.2.9.), regionalizados (frontera, norte, centro y sur), para 1987, que dan un promedio nacional de 0.5397 para los "residuos domiciliarios". (Cuadro 10, Anexo 1), Pero la proyección de esa generación en el tiempo aplicando el 2% de incremento anual, daría para 1992,

fecha del estudio SEDUE, el valor de 0.60 que no es tan distante del 0.67 de este estudio.

En un estudio publicado por el Instituto Nacional de Ecología (Sánchez, 1996, pg. 32 y 33) y que se presenta en el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en la Zona Metropolitana del Valle de México (DDF, 1997), se incluye una tabla de cálculo con datos obtenidos en la Ciudad de México, para cuantificar los residuos municipales de varias fuentes que no son las viviendas (Ver Cuadro 11) y se han complementado con datos que se muestran en el estudio de Kokusai (1999, pg.11), en un mayor desglose. La fuente original en ambos estudios son estimaciones y estadísticas realizadas por la Dirección General de Servicios Urbanos del Distrito Federal. Cabe señalar que en este cuadro se establece para las fuentes habitacionales la diferenciación de 0.605 Kg./Hab/Día para vivienda unifamiliar y 0.772/Kg./Hab/Día para plurifamiliares, diferenciación estadística, que no se ha trabajado en ciudades medias. No se indica en ninguna de las dos fuentes el proceso de obtención de los datos, para tener una idea del alcance de las muestras y la metodología de la encuesta, pero son sin duda un avance que no se conoce para otros estados en México. En el estudio Kokusai hay varios índices cuya unidad los hace menos útiles que los del estudio anterior como son las de tiendas de autoservicio, departamentales y locales comerciales que se presentan en Kg/establecimiento/Día, que puede ser un promedio de los valores del D.F. que no tiene por que serlo para una ciudad media del país; la misma observación es válida para los índices de generación de hoteles divididos en 4 categorías expresados en la misma unidad. Por lo expuesto se han preferido los índices por empleado y por cama respectivamente aplicados a estos casos que se muestran en el estudio anterior .

Los valores por tipo de fuentes pueden ser útiles a la hora de estimar los residuos no domiciliarios si no se cuenta con un estudio específico para la ciudad o municipio que se esté trabajando. Una forma de trabajar la estimación es aplicar índices como los que se presentan a los establecimientos comerciales, equipamientos y espacios abiertos, sumarle la generación domiciliaria y la industrial (de relleno sanitario) y comparar el total con el flujo que arriba al sitio de disposición final (incluso este flujo se divide normalmente en camiones municipales y camiones no municipales que provienen de sitios de gran generación). Si los valores no ajustan se deberá investigar algunas cifras que puedan estar sobrestimadas o subestimadas en cálculo mediante índices ya que estos pueden tener una variación importante de una ciudad a otra. En el apartado 10.2.4. se explica con extensión una forma de cálculo de la generación que se sustenta en un manejo de la estadística disponible en materia ingresos per cápita por AGEB (Área Geoestadística Básica), alcance que no se contempla en los estudios, que se encargan a distintos consultores en la actualidad y que se considera necesario.

GENERACION POR TIPO DE FUENTES			
TIPOS DE FUENTES GENERADORAS	CLASIFICACIÓN	GENERACIÓN UNITARIA Kg/Hab./Día	UNIDAD
Domiciliarios	Unifamiliar	0.605	Kg./Hab./Día
	Plurifamiliar	0.772	Kg./Hab./Día
Comercio	Tiendas de autoservicio	2.527	Kg./Empleado/Día
	Tiendas departamentales		
	Con restaurante	1.468	Kg./Empleado/Día
	Sin restaurante	0.766	Kg./Empleado/Día
	Locales comerciales	2.877	Kg./Empleado/Día
	Mercados		
	Comunes	2.143	Kg/Local /Día
	Especiales	3.350	Kg/Local /Día
	(1) Carnes	4.430	Kg/Local /Día
	(1) Frutas y Legumbres	7.920	Kg/Local /Día
	(1) Abarrotes	1.025	Kg/Local /Día
(1) Preparación de Alimentos	14.960	Kg/Local /Día	
(1) Varios	0.803	Kg/Local /Día	
(1) Mercado sobre ruedas (tianguis)	575.800	Kg/Tianguis /Día	
Servicios y Equipamientos Públicos y Privados	Oficinas	0.179	Kg/Empleado/Turno
	Centros de espectáculos y recreación		
	Cines	0.012	Kg/Espectador/Función
	Estadios	0.054	Kg/Espectador/Evento
	Restaurantes y bares	0.850	Kg/Comensal/Día
	Hoteles y moteles	1.035	Kg/Huésped/Día
	Terminal terrestre	2.418	Kg/Pasajero/Día
	Terminal aérea	5.177	Kg/Pasajero/Día
	Reclusorio	0.538	Kg/Interno/Día
Equipamientos escolares	Centros educativos		
(1)	Preescolar	0.040	Kg/Alumno/Día
(1)	Primaria	0.055	Kg/Alumno/Día
(1)	Secundaria	0.060	Kg/Alumno/Día
(1)	Técnico	0.065	Kg/Alumno/Día
(1)	Bachillerato	0.060	Kg/Alumno/Día
(1)	Superior	0.070	Kg/Alumno/Día
Equipamientos Hospitalarios y Veterinarias	Unidades médicas		
	Nivel 1	1.279	Kg/Consultorio/Día
	Nivel 2	4.730	Kg/Cama/Día
	Nivel 3	5.580	Kg/Cama/Día
(1)	Laboratorios	6.340	Kg/Laboratorio/Día
(1)	Veterinarias	1.700	Kg/Empleado/Día
Espacios exteriores	Espacios abiertos	0.163	Kg/m <sup>2</sup> /Día
(1)	Áreas verdes	0.00993	Kg/m <sup>2</sup> /Día
Generación unitaria promedio per-cápita municipal		1.204	Kg./Hab./Día
<b>Cuadro 11.</b>			
<b>Fuentes: Sánchez 96 y (1) Kokusai 99</b>			

Otro estudio que se debe mencionar, es el publicado por el INE en noviembre 1977, donde se dice haber tomado los datos de diferentes fuentes, para un total de 118 ciudades regionalizadas en 5 zonas de la república mexicana. En este trabajo aparecen cifras globales de residuos municipales por municipio y se da un

porcentaje de un 77% para calcular los que llama domiciliarios (sin definirlos). El valor final promedio de estas ciudades es para 1977 de 0.98 Kg./Hab./Día, lo que haría para los habitacionales un total de 0.755. La cifra es un poco alta con relación a la de otras fuentes y destaca como muy baja la de los residuos municipales "no domiciliarios" (23 %). En este trabajo se señala, que siendo sus cifras calculadas para ciudades medias y grandes y si se considera que alrededor del 25% de la población del país es rural, puede estimarse la generación total del país es de 80,000 toneladas por día, aproximadamente (1997, pg.23 y 32 ).

Un trabajo de Restrepo - Phillips, (1982, pg.52), apoyado por el Instituto Nacional del Consumidor, hace un interesante análisis de la diferencia de la basura por estratos económicos de la ciudad de México, donde vemos que las cantidades en peso no difieren grandemente y no pudo inferirse un comportamiento lineal. Para un estrato de menos de 1 salario mínimo se obtuvo 4.5 Kg./Fam./Día, para el rango de 1 a 3 s. m. el peso fue de 4.534 Kg./Fam./Día. para el estrato de 4 a 7 S.M. el valor fue de 4.819 Kg./Fam./Día, para el estrato económico medio de 8 a 11 s. m. se obtuvo el peso menor de todos con 4.201 Kg./fam./día y finalmente para sectores económicos altos con más de 11 salarios mínimos corresponde el valor de 5.252 Kg./ fam./día. La diferencia total entre el valor más alto y el más bajo no es muy notable (20 %), lo que sí varía enormemente es la composición que se analizará más adelante. Una debilidad de este estudio es que se realizó por familias sin considerar el número de personas que las integran en promedio en cada sector económico, lo que dificulta la comparación ya que las composiciones familiares pueden ser diferentes por estrato y están afectadas en el caso de los estratos medios y altos por el personal de servicio residente. Sin embargo representa un logro es la caracterización de los residuos, por ejemplo el hecho de que los sectores económicos de bajos ingresos se incluyen en los residuos material de demoliciones y se tiene mayor humedad debido a deficiencias de almacenaje lo que hace que estos residuos pesen casi lo mismo que los residuos de los sectores de más altos ingresos es una observación de suma importancia (se abundará sobre este tema en el análisis de la composición de los RSM). Un estudio posterior de Ivan Restrepo y otros autores (Restrepo et. al., 1991, pg.27), compara cifras para 16 zonas del Distrito Federal en un número significativo de muestras para 1980, 1983 y 1987. El estudio valora las muestras por habitación y divide los totales por 5.03 habitantes por vivienda para determinar que en 1980 la generación era de 0.443 Kg. /Hab./Día, en 1983 de 0.392 Kg./Hab./Día y en 1987 de 0.402 Kg./Hab./Día. A pesar de la fecha, de los estudios los valores son muy bajos con relación a los datos de los estudios más recientes que hemos citado.

En el Cuadro 12 se presentan una serie de datos recopilados por el autor de esta tesis de seis estudios que contienen un levantamiento de la generación realizado sobre la base de la norma nacional, donde se tienen valores para habitacional alto medio y bajo y estimaciones para la generación de los residuos totales a considerar para el diseño del relleno sanitario o sea los RSMRS. Lo interesante son los valores habitacionales ya que proceden estudios de campo y arrojan para estrato bajo 0.459 Kg./Hab./Día, medio 0.487 Kg./Hab./Día, alto 0.577 Kg./Hab./Día y un promedio general en los 6 estudios de 0.484 Kg./Hab./Día.

Valores que estan cerca de los estudios de Restrepo y son bajos con relación a los otros estudios.

### DIVERSOS ESTUDIOS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HABITACIONALES

Estudio	Municipio	Estado	Nivel Social	Nº De Muestras	Fecha Del Estudio	Generac. Habitacional Kg/Hab/Día (RSH)	Generac. Industrial Y Comerc. %	Generac. Total Kg/Hab/Día (RSMRS)	Peso Volumétrico In-Situ (kg/m <sup>3</sup> )
Edo. de México, 1997	Huixquilucan	México	Bajo	32	may-97	0.520	45.2	0.755	-
	Naucalpan	México	Medio	20	may-97	0.560	45.2	0.813	-
			Alto	20	may-97	0.630	45.2	0.915	-
Promedio						0.570	45.2	0.828	
Edo. de México, 1997	Ecatepec	México	Bajo	10	may-97	0.537	45.2	0.780	-
			Medio	10	may-97	0.570	45.2	0.828	-
			Alto	10	may-97	0.614	45.2	0.892	-
Promedio						0.574	45.2	0.833	
Edo. de Veracruz, 1994	Pánuco	Veracruz	Único	57	mar-94	0.439	-	-	106.25
Edo. de Veracruz, 1994	Poza Rica	Veracruz	Popular	47	1991	0.407	26.07	0.513	147.50
			Medio	33	1991	0.494	26.07	0.623	170.00
			Residencial	29	1991	0.650	26.07	0.819	215.00
Promedio						0.517	45.2	0.751	177.500
Edo. de Veracruz, 1994	Papantla	Veracruz	Popular	33	1991	0.372	25.03	0.465	195.87
			Medio	26	1991	0.325	25.03	0.406	192.75
			Residencial	18	1991	0.415	25.03	0.519	255.50
Promedio						0.371	45.2	0.538	214.707
Edo. de Veracruz, 1994	Coatzacoatlán	Veracruz	Único	51	1991	0.432	20.02	0.518	147.50

#### Promedios de los estudios

Habitacional (RSH)	0.484	Kg./Hab./Día
Habitacional Bajo	0.459	Kg./Hab./Día
Habitacional Medio	0.487	Kg./Hab./Día
Habitacional alto	0.577	Kg./Hab./Día
Total (RSRS)	0.694	Kg./Hab./Día
Peso Volumétr. In situ	161.489	Kg./m <sup>3</sup>

#### Cuadro 12.

Fuente: compilación de datos de los estudios referidos en la Bibliografía.

Estan a la vista las discrepancias de las cifras de los estudios citados, que en gran parte se deben a que las estimaciones municipales de que proceden los estudios nacionales, no se sustentan en estudios de generación habitacional de acuerdo a la norma y la carencia de una metodología común para calcular la generación de las fuentes no habitacionales.

### 8.1.3. Incremento de la generación de los RSMRS.

Este es un tema poco aclarado por los distintos estudios sobre residuos sólidos. Se trata de determinar el incremento en la generación de residuos per - capita debido a que el país experimenta un desarrollo urbano y cada vez más gentes pasan de ser habitantes de pequeñas localidades de costumbres rurales a habitantes de ciudades y el habitante urbano genera una mayor cantidad de residuos que no procesa, que el habitante rural. Vale decir el habitante rural procesa sus residuos orgánicos, realizando con ellos composta y genera una cantidad muy insignificante de residuos inorgánicos. Además, si se incrementan los ingresos per - capita de la población podrá haber mayor gasto y por consecuencia mayor generación de residuos. También puede esperarse, en el proceso que se señala, a la par que el aumento que se menciona, se produzca un cambio de la composición de los residuos, por una composición de menor peso, por efecto de adquisición de mayor número de productos alimenticios preelaborados que en vez de residuos orgánicos generan los envases y embalajes.

Por otra parte el desarrollo económico que implica el incremento de las actividades secundarias y terciarias, por sobre las primarias, implicaría un necesario incremento de los residuos municipales no habitacionales.

Diferentes cifras para el incremento manejan los estudios que se han mencionado pero en ninguno se documenta el cálculo de estas. SEDUE, 1992: 2%, INE, 1997: 1.7 % y en los estudios para localizar 10 sitios regionales de disposición final en la Zona Oriente del Estado de México, que son aún documentos internos de la Secretaría de Ecología del Estado, no publicados se consideran: 1.5% (los de las zonas I y II) y 1% (el de la zona III).

Existe un estudio, muy importante, sobre los residuos de envases y embalajes, realizado por el Dr. Juan Antonio Careaga, con un trabajo de documentación realizado in situ, en varios países desarrollados y en vías de desarrollo, que señala, citando a Alter que " un análisis de los RSM de muy diversas partes del mundo ha mostrado que, en la medida en que aumenta la cantidad de materiales de envases y embalajes, disminuye la cantidad de alimentos en basura" (Alter, 1988, citado por Careaga 1993 pg.6). Dicho en cifras, los promedios mundiales encontrados señalan que un incremento de 1% en la cantidad de envases metálicos de los RSM se traduce en una disminución de 1.89% en la cantidad de residuos de alimentos; mientras que los coeficientes de reducción para otros materiales de envases son: 0.93 para papel y cartón, 0.88 para vidrio y 1.66 para plásticos (esta última cifra es para Estados Unidos)".

**REDUCCIÓN RELATIVA DE RESIDUOS DE ALIMENTOS DEBIDA  
AL AUMENTO EN 1% DE ENVASES Y EMBALAJES**

Tipo de envases	Validez	Coefficiente de Reducción
Papel y cartón	Mundial	-0.93
Vidrio	Mundial	-0.88
Metal	Mundial	-1.89
Plástico	EUA	-1.66
Papel	EUA	-1.41

**Cuadro 13.**

**Fuente: Careaga 1988.**

Para el caso de Papel - cartón y vidrio el aumento de un 1% va aparejada por una disminución un poco menor de los residuos de alimentos pero si se suman el incremento de papel, cartón, vidrio, metal y plástico redunda en una disminución mayor de los residuos de alimentos, como lo muestra Careaga reproduciendo una gráfica de correlación de Alter. Es obvio que estos datos no hacen más que resaltar la necesidad de un estudio nacional al respecto con el objeto de aportar a la delineación de una estrategia en materia de envases y embalajes.

El año 2004 las barreras arancelarias de México, USA y Canadá, habrán sido eliminadas salvo unos pocos productos sujetos a un plazo de 15 años de plazo, para su liberación total desde la firma del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN) firmado a principios de 1994. El incremento de los productos de alimentos procesados, sobre todo americanos, en el mercado mexicano ha sido notable en los últimos años. En el área de los refrigerados y los congelados en las tiendas de autoservicio se obtiene una variedad de marcas, presentaciones y tamaños (desde las institucionales a las muy pequeñas), productos *light*, autorizados kosher, calidades, especificaciones y orígenes que hace pocos años era impensada en este tipo de tiendas, y a pesar de su mayor precio que los nacionales conquistan una importante franja de mercado por el prestigio de las marcas, normas de calidad y sobre todo mercadotecnia de punta. Ganan adeptos sobre todo en familias jóvenes, donde ambos trabajan o donde el tiempo para la preparación de alimentos, compite con otras actividades. Aumentarán entonces los envases y embalajes en los residuos sólidos y disminuirán, huesos de fruta, tallos de verduras, hojas, cáscaras, pulpas, (de frutas y vegetales diversos), pieles, pellejos, grasas, patas, cabezas, vísceras, plumas, aletas, huesos y espinas (de animales diversos) y aparecerán un mayor número de envases de plástico, cartón encerado o plastificado, aceros estañados, aluminio y vidrio. Esto debido a que los procesos industriales en general realizan un mayor aprovechamiento de los residuos de alimentos, aunque generan otro tipo de residuos que son distintos de los que se destinan a los rellenos sanitarios y deben tener un tratamiento adecuado. Por ejemplo la industria de los alimentos para animales, incorpora residuos de la industria alimentaria humana.

Es obvio que es necesario realizar un estudio a nivel nacional del fenómeno de crecimiento de los residuos producto de la diferencia entre aumento y disminución

y tomando las dos variables: peso y volumen. Así mismo se requiere saber la composición y la posibilidad de ser tomados por la industria del reciclado (no es suficiente que sean potencialmente reciclables si la industria nacional no está capacitada para utilizarlos). Se debe considerar, como se ha señalado, que no basta con comparar cifras de diferentes épocas, hay que correlacionar el incremento con el desarrollo urbano y económico y comparar estudios de generación realizados con metodologías similares, así mismo la investigación debe realizarse por sectores sociales de distintos ingresos.

#### **8.1.4. Residuos Industriales.**

##### **Aspectos generales del control.**

En caso el de los residuos industriales y peligrosos que merecen un proceso diferente de manejo en cuanto al almacenamiento, transporte, tratamiento y confinamiento, es la SEMARNAP la que concentra una información sobre el cual hasta la fecha sólo publica valores muy generales agregados a nivel de Estado (Programa Para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales peligrosos en México 1996 -2000 , pg. 43 y Programa de Medio Ambiente 1995 – 2000, SEMARNAP, 1995, pg. 85 y 86). Las empresas generadoras reportan a la SEMARNAP, en documentos denominados manifiestos las cantidades de residuos que generan y sus composiciones químicas, sin embargo los técnicos de esta Secretaría han inferido por valores o parámetros internacionales conocidos que hay un alto grado de subestimación en estos datos en las cifras reportadas.

Los residuos peligrosos o CRETIB, deben ser tratados y/o enviados a confinamientos supervisados por la SEMARNAP. Los transportes también requieren autorización y supervisión de esta Secretaría, para que sus características minimicen los accidentes posibles.

El control de los residuos industriales que no son CRETIB, queda a cargo de los Estados y los Municipios que deben evaluar, autorizar y vigilar los sitios y procesos de disposición. Estos sitios podrán tener almacenes a cubierto y a descubierto y funcionarán como un centro de acopio para generar volúmenes factibles de vender para reciclar, trituración, compactación y empaques que se puedan enviar al relleno sanitario. Es importante el control de estos sitios para que no se manejen en ellos residuos CRETIB de manera inadecuada e impedir las afectaciones al ambiente que pudieran provocarse.

##### **Las cifras aportadas en los estudios.**

El Proyecto Nacional para la Protección al Ambiente (90 - 94), calculó 370,000 Ton./Día, de residuos industriales, de los cuales 320,000 (86.4%) provienen de la extracción y beneficio de minerales y 50,000 (13.6%) de producción y comercialización. De estos últimos 13,000 Ton/Día entran dentro de la clasificación de residuos peligrosos (tóxicos, corrosivos, reactivos y explosivos o inflamables). O sea estamos hablando de un total de 18.25 millones de toneladas anuales

exceptuando los mineros y dentro de estas 4.75 millones de toneladas anuales de peligrosos.

En el Programa de Medioambiente 1995 - 2000 se señala que, "es posible que la generación total de residuos peligrosos en México ascienda a un volumen agregado de entre tres y siete millones de toneladas anuales, lo que no incluye los jales mineros, residuos que también pueden ser peligrosos y que se producen en grandes cantidades (entre 300,000 y 500,000 toneladas diarias). Por su parte, la infraestructura y los sistemas de manejo en operación son sumamente precarios". Y continúa señalando en Programa, "Dada la desproporción que guarda el volumen creciente de residuos peligrosos generados con las capacidades existentes de manejo, vigilancia y control, con frecuencia se observa una disposición clandestina en tiraderos municipales, barrancas, derechos de vías en carreteras, drenajes municipales o cuerpos de agua. Se estima que esta última opción es la que predomina, considerando que cerca de 90% de los residuos peligrosos adoptan estados líquidos, acuosos o semilíquidos, o bien, se solubilizan y/o mezclan en las descargas de aguas residuales". El rango muy amplio de la cifra de producción que da este estudio seguramente se debe a que las distintas estimaciones que se han venido realizando arrojan cifras disímiles.

El Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996 – 2000 publicado por SEMARNAP (1995, pg. 43), calcula los volúmenes de los residuos peligrosos del país en una cifra de 8 Millones Tons./Año, donde destacan el Distrito Federal con 1.839 millones de Tons./Año, el Estado de México con 1.415 millones de Tons./Año haciendo entre ambos 3,254 millones de Tons./Año, o sea un 40.68 % del total. Como se trata de una publicación del INE, los datos tendrían que haberse apoyado en índices construidos sobre la base de los Manifiestos de Generación y Manejo de Residuos Peligrosos que exige este Instituto a las empresas generadoras, que se mencionan en el Programa como un instrumento nuevo que permite conocer los valores de generación, pero no aclara la metodología seguida para calcular las cifras que aporta.

Por otra parte en el Estudio de Factibilidad y Ubicación para el Reciclaje de Residuos Peligrosos en el Valle de México, elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente del D.F. en coordinación con Radian Corporation en Julio de 1966 se estimó la producción de residuos peligrosos en el Valle de México en 5,985 millones de toneladas anuales, incluidas aguas residuales con 4.1 millones, 626 mil toneladas de chatarra de metales, quedando 1.259 millones de toneladas anuales de peligrosos o CRETIB para la ZMVM (DDF et. al. 1997, apartado 4.1.). El Programa Para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996 – 2000 (1995, pg. 43) no presenta un cálculo para el Valle de México que comprende las 16 Delegaciones, 57 Municipios del Estado de México y uno del Estado de Hidalgo, para comparar estas cifras, pero está a la vista que este Programa consideró sólo para el D.F. 1.839 Tons/Año y aquí se está hablando de 1.259 Tons./Año para todo el Valle de México, lo que muestra una

diferencia demasiado importante que permite dar cuenta de las imprecisiones de estos cálculos.

En el texto *Residuos Peligrosos en el Mundo y en México* de Cortinas de Nava y Vega Gleason se estima los residuos peligrosos del país en 14,500 ton/día o sea 5.29 millones de toneladas día y se señala que de reciclan o confinan 268,752 ton al año de las cuales 60,000 ton/año son importadas (como es el polvo de acerías para recuperación de cinc (1993, pg. 118, 119). De acuerdo con lo anterior lo nacional procesado constituye el 3.94% del total. Tal es la magnitud del rezago.

La diversidad en las cantidades se debe a las distintas formas de cálculo de los residuos industriales. Hay dos formas conocidas, de estimar esta generación, una mediante encuestas y/o censos en el universo de las fuentes generadoras, la otra, mediante índices estimadores. Para estos índices de generación de residuos industriales se tienen a su vez dos sistemas: uno es conocido como el método de evaluación rápida de fuentes de contaminación de la OMS y el otro es el método INVENT, preparado por una firma Dagh Watson SPA, italiana y Ashact Ltd. del Reino Unido, para el Banco Mundial.

El INVENT basa su predicción en el supuesto que existe una correlación aceptable entre la cantidad de trabajadores de una rama de producción y la producción y por tanto de la producción de residuos. La base de datos índices original de la primera versión del INVENT, se basa en un estudio de la industria Italiana. El dato de número de trabajadores es fácilmente obtenible de los censos económicos, en el país es un dato con el que se cuenta con una actualización aceptable (el último censo económico nacional se hizo en 1994 y está en preparación un nuevo censo a realizarse en 1999). No existen problemas de compatibilidad de ramas porque en esta materia hay una normación internacional de agrupamiento, a la que se atienen los países. Este sistema permite calcular residuos sólidos, líquidos y lodos, no incluye los atmosféricos.

El método de la OMS se basa en la correlación de cantidad de producción con cantidad de residuos, que es sin duda mejor que la del personal ocupado en la empresa, pero el problema es la dificultad de obtener este dato básico. La publicación de referencia de este es una versión en español de "Who Offset Publication N° 62 - Geneva, 1982" (*Rapid Assesment of Sources of Air, Water and Land Pollution*) y fue publicado por ECO y SEDUE (la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de México en 1988). Este procedimiento permite calcular residuos sólidos, líquidos, lodos y atmosféricos.

Siguiendo a H. Duran (1994, pg.41) diremos que ambos métodos tienen como base el supuesto teórico de la competencia perfecta que tiende a uniformar procesos, sin embargo aún subsisten diferencias sustantivas dentro de cada país y más aún cuando se comparan países desarrollados, con los que estan en vías de serlo.

Los residuos de una industria son función de la tecnología del proceso productivo, de las propiedades físicas y químicas de las materias primas, productos intermedios y materias primas auxiliares, combustibles y embalajes de estos elementos, que obviamente varían mucho de un país a otro. También debe tomarse en cuenta el grado de control diferenciado de la producción y disposición final de los residuos en los distintos países, apunta Durán, que en el caso de Italia (con las exigencias de la Comunidad Europea), es seguramente mayor que en nuestro país, por lo que la aplicación de los índices INVENT italianos a México seguramente darán resultados que subestimarán los residuos generados.

El trabajo de Ana Luz Durán referente a este tema (1991, conclusiones de la pg. 10 a la 14), muestra la aplicación del INVENT y del método de la OMS en 4 países latinoamericanos usando para el INVENT, los índices italianos. La disparidad de los resultados con ambos métodos resultó muy alta y señala que esto se debe a deficiencias de la información de las cantidades de producción en la aplicación del método de la OMS, falta de actualización de los datos de personal en algunos casos, para la aplicación del INVENT. No se pudo inferir una relación clara en los resultados con ambos métodos por ejemplo tomando los datos chilenos de 3 industrias donde se conoce muy claramente la producción y el personal integrado se tiene en Tons/Año: para la rama 37, Industria Metálica Básica, OMS, 4,282,967 e INVENT, 597,460; para la rama 3710, Industria del Hierro y del Acero, OMS, 207,070 e INVENT, 463,678; para la rama de Metales no Ferrosos, OMS, 4,075,897 e INVENT, 597,460; vale decir para estos tres casos INVENT es con relación a OMS sucesivamente 13.95%, 233% y 3.28%, lo que da que pensar en la asertividad de estos procedimientos.

Sin embargo estos métodos se han seguido aplicando y se han desarrollado nuevas bases de datos. Del Informe de Validación del INVENT (Benavides, 1994 ver conclusiones y recomendaciones en pg. 15 a la 18), se tiene la aplicación para el Perú de 3 bases de datos la italiana, una brasileña y una peruana y su análisis comparativo. La base de datos peruana se obtuvo mediante una encuesta aplicada a 147 industrias. La conclusión central de este estudio es que es necesaria la construcción de una base de datos nacional para la aplicación del INVENT, que los índices Italianos no pueden ser aplicados en un país en vías de desarrollo, ni siquiera los índices brasileños son aceptables para Perú aunque están menos lejos que los Italianos. El estudio rescata la utilidad del INVENT, como sistema computacional y manifiesta que la incorporación que de la relación residuos/producción industrial, que considera en versiones futuras, a la que utilizo, le añadirán una nueva dimensión.

En México no se conoce una encuesta que haya determinado índices de generación de residuos industriales. la SEMARNAP, encargada por ley de este tema, no ha publicado hasta la fecha de elaboración de esta tesis índices que nos permitan analizar los residuos de un municipio a partir de número de empleados por rama o producción o mediante los montos de producción. Las cifras que hemos expuesto, por si mismas muestran el rezago de control sobre los residuos peligrosos, ya que frente a las disparidades de estas se puede afirmar que se

desconoce la magnitud de los mismos y las cantidades que se están confinando de acuerdo a normas.

En el Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000 (SEMARNAP, 1995, pg. 69, 70 y 71), se presenta una lista de empresas dedicadas a distintas especialidades de manejo de las que se desconoce su capacidad, aunque estima que sólo un 12% de los residuos peligrosos se controlan adecuadamente.

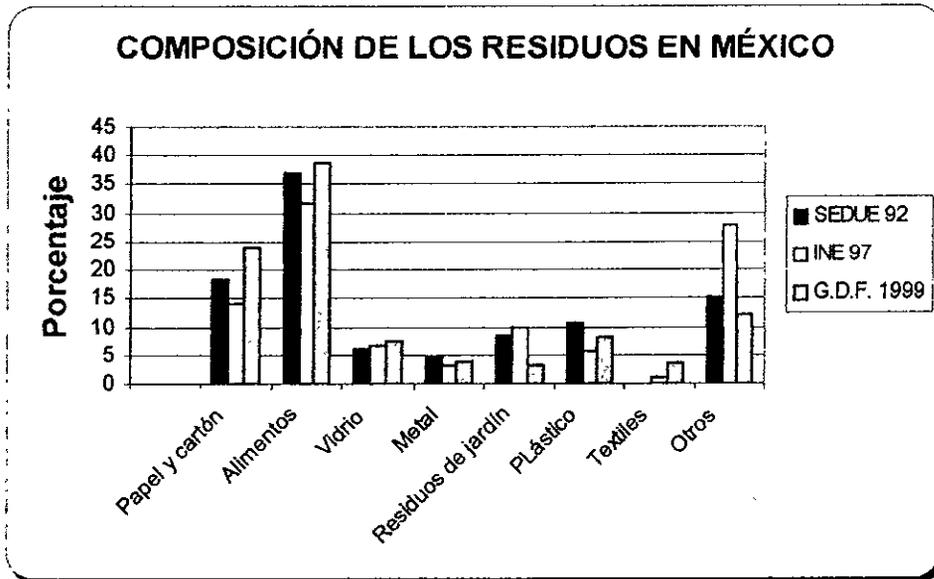
## 8.2. Composición.

En cuanto a la composición promedio de los RSMRS, del proceso de los datos de la encuesta 45 ciudades medias (incluida Puebla), realizado por SEDUE (1992), se muestra en el Cuadro 14, del Anexo 1; en el Cuadro 15, del Anexo 1, se muestran los valores regionalizados y en el Cuadro 16, del Anexo 1, se presentan los valores concentrados.

Es interesante notar que los residuos de la zona norte difieren de las demás de forma muy notoria en el rubro de alimentos y papel y cartón, muy poco en el primero (24.62 %) y mucho en el segundo (23.12%). Como se verá más adelante estos valores se mueven un poco en la dirección de los promedios Norteamericanos, estando todavía lejos de ellos. En el centro norte destaca la gran cantidad de alimentos (51 %) con relación a todos los demás.

En el Cuadro 17 y la Gráfica 8 que se muestran a continuación, se comparan los resultados obtenidos en el Cuadro 16, con los valores publicados por el INE (INE, 1997) y los del D.F. (D.D.F., 1997 y G.D.F. 1999).

<b>COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS HABITACIONALES EN MÉXICO SEGUN INE Y SEDUE Y DEL D.F. SEGÚN DOS FUENTES</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>SEDUE 92 %</b>	<b>INE 97 %</b>	<b>D.F. 1997 % (1)</b>	<b>G.D.F. 1999 % (2)</b>
Papel y cartón	18.30	14.20	21.90	23.85
Alimentos	36.96	31.60	34.80	38.66
Vidrio	5.92	6.60	10.77	7.23
Metal	4.63	3.10	2.97	3.80
Residuos de jardín	8.34	9.80	5.12	3.18
Plástico	10.61	5.80	10.57	8.02
Textiles		1.20	4.22	3.43
Otros	15.24	27.70	9.65	11.83
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Cuadro 17.</b>				
<b>Fuente: SEDUE 1992, INE 1997, DDF, 1997, GDF (Kokusai, 1999) y cálculos propios.</b>				



**Gráfica 8.**

**Fuente: Cuadro 17.**

De los valores nacionales de SEDUE, INE, D.D.F. y GDF (informe Kokusai, 1999, pg. 2 y 3), en ese orden se desprenden que los residuos orgánicos son en ese orden 61.61%, 55.60%, 61.82% y 65.69%.

Se debe acotar que las diferencias deben originarse por las distintas metodologías de los estudios ya que no son explicables por las diferentes fechas y ámbitos de las muestras. Por ejemplo llama la atención la diferencia de los valores de papel y cartón entre SEDUE el INE, en 4 puntos más bajo para el INE, ya que este es un rubro que crece con el desarrollo económico y el urbano (y la cifra del INE es posterior a la de SEDUE en 5 años), y resalta esto, aún más, si se considera que en la muestra SEDUE no se incluyen las grandes metrópolis, que generan relativamente más residuos de este tipo, y en la del INE si están incluidas México, Guadalajara y Monterrey (si es explicable, en cambio el mayor valor que en este rubro presenta el D.F.). No resulta coherente, tampoco la cifra de alimentos de INE de 31.60%, si se tiene en cuenta el valor que reporta el D.F. es de 34.80% y el estudio más reciente para esta entidad 38.66% en consecuencia que la nacional debiera ser superior a estos valores que se refieren al principal centro urbano del país. Por otra parte en metal pareciera sobrestimada la cifra de SEDUE, ya que la del D.F., que debería generar más en este rubro, es inferior a ella. Cabe señalar que el estudio del INE, no presenta una desagregación de sus datos por región.

En Estados Unidos se cuenta con una composición promedio de RSMS, que difiere enormemente de la obtenida para México, según las distintas fuentes que se han mostrado, más arriba, en el Cuadro 17, como puede apreciarse si se comparan estos valores con los del Cuadro 18, (Gráfica 9) que se presenta a continuación.

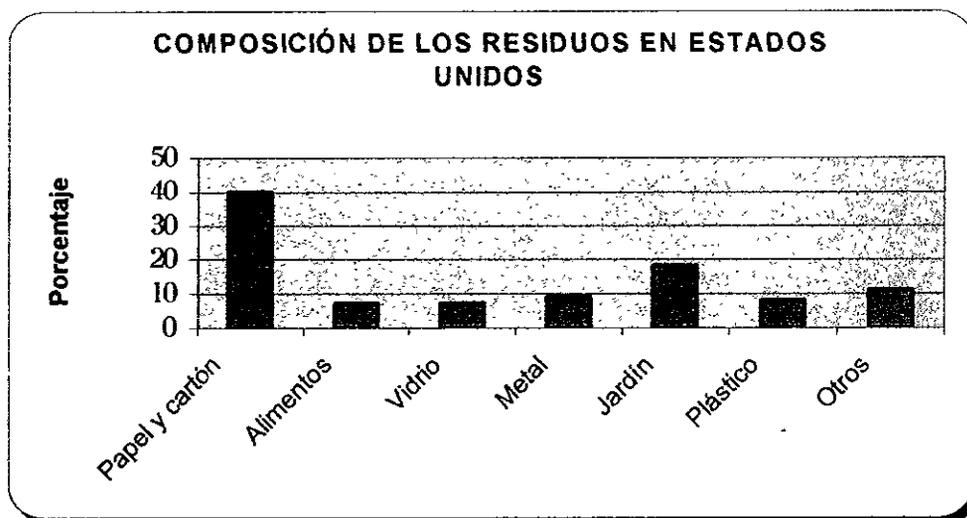
**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS EN  
ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA**

CONCEPTO	% (1)*
Papel y cartón	40
Alimentos	7
Vidrio	7
Metal	9
Residuos del jardín	18
Plástico	8
Otros	11
Total	100

**Cuadro 18.**

(1\*) Cifras redondeadas.

Fuente: Environmental Protection Agency, Characterization of Municipal Solid Waste in US 1990 Update.



**Gráfica 9.**

Fuente: Cuadro 18.

Como se desprende de los cuadros 17 y 18 comparativamente a los de USA, los RSMS del país muestran un alto contenido de residuos orgánicos alimentarios (más los de jardín hacen un 43%, tomando el valor de SEDUE, en USA esta suma es de 25 %, aun cuando sus residuos de jardín son más del doble de los nuestros). La diferencia enorme en materia de alimentos, como ya se ha comentado, se debe principalmente a que en el país vecino hay un mayor preproceso de los alimentos. También se destaca la gran cantidad de papel y cartón, en los residuos de USA, lo que los hace de mayor capacidad calórica que la nuestra y por lo tanto más apta

para la incineración con producción de energía o procesos de fabricación de combustibles, como por ejemplo el proceso poco difundido, llamado de peletización de los residuos orgánicos. Lo anterior conduce al razonamiento de que cualquier tratamiento industrial a realizar con los residuos sólidos, trasladado de un país desarrollado al nuestro, debe ser revisado en términos de si este se valida con una materia prima completamente diferente.

En un estudio de Ivan Restrepo y David Phillips, (1982, pg. 52 a la 56), se muestra la diferencia que existe en la composición de los RSH, de los sectores de altos y bajos ingresos en nuestro país. En los rubros de metal, papel, plástico y vidrio son muy superiores los RSMH del primer sector, en cambio en el rubro "otros", donde se tienen residuos de materiales de construcción, excrementos de animales, son más fuertes los RMSH del segundo sector. Es por esto que en compensaciones de peso, los RSMH según sector no varían mucho en cambio su valor potencial es muy diferente. En los estudios cuyos datos se han mostrado en el Cuadro 12, se puede ver que el peso de los residuos aumenta con el nivel de ingresos aunque no de manera muy drástica.

Como se señaló en el apartado 8.1.3., donde se trata el tema del incremento de la generación, es de esperar en los próximos años una variación en la composición, sobre todo en las grandes ciudades y en los sectores de medios y altos ingresos que están accediendo con mayor intensidad a los alimentos elaborados, con un incremento en residuos de envases y embalajes.

Una tesis de grado, de un ingeniero mexicano, Rodolfo Muriel de la Torre, fechada en 1939, muestra un estudio de generación realizado por el mismo tesista en la Ciudad de México que concluye que la composición de estos es de: Escamochos 52.0%, Papel 9.4%, Trapo 6%, Tierra 30%, Cuero y huesos 1.4 %, Vidrios 0.6% y latas 0.6%. El escamochos se refiere según la tesis a "las basuras caseras de las cocinas, residuos de alimentos e ingredientes que entran en su preparación", hay algo de no orgánico entre este escamochos porque cuando lo desglosa dice que contiene, materia animal, materia, vegetal y latas y papeles y de los estudios de su muestra deduce que el escamochos tiene entre un 50% a un 80% de agua y que la parte papel y latas es de un 5% (que del 52.0 % viene a ser un 2.6% dejando los residuos alimentarios de 49.4%). El trapo puede considerarse como material orgánico, en la época, así que el rubro biodegradable suma 66.20% que con un 30% de tierra hace un 96.2% de material orgánico, contra el 61.82% del D.F. de hoy (sin considerar en este rubro los textiles actuales por su parte sintética). Los residuos alimentarios actuales son de 34.8 % y el escamochos "ajustado" es de 49.4% lo que no es tan diferente.

### **8.3. Peso volumétrico.**

Sabemos por lo antes expuesto que este valor depende de la composición de los residuos y por lo tanto de las condiciones sociales de los generadores en el caso de los residuos habitacionales. Existe la norma NMX-AA-19-1985, "Determinación del Peso Volumétrico in Situ", que debe seguir al realizar los estudios referidos a

esta materia. Desgraciadamente cuando se hacen estudios de generación no siempre se realizan los de peso volumétrico por lo que se tienen pocos datos como para estudiar este parámetro a nivel nacional y regional. Casi siempre se estiman con datos de texto, a la hora de los estudios de recolección y disposición final siendo un dato de indudable importancia y variabilidad de ninguna manera despreciable.

En el Cuadro 19 del Anexo 1, se muestran los valores del texto de Jorge Sánchez Gómez Jorge (1996 pg. 33 y 34), y que también se presentan en el estudio DDF, (1997, apartado 4.1. tabla 4.8.), de pesos volumétricos por fuente generadora, estos se han tomado de diversas fuentes, por lo que se pueden utilizar para planeación de grandes números. Así mismo se pueden observar los valores de los estudios del Cuadro 12 del Anexo 1, valores que corresponden a residuos habitacionales no compactados, útiles en caso de transporte sin compactación.

Para residuos compactados en el relleno sanitario, en distintos estudios revisados, se aplican valores que van de  $500 \text{ Kg/M}^3$  a  $750 \text{ Kg/M}^3$ , que provienen de textos. En los 7 estudios del Cuadro 12, (Secretaría de Ecología del Estado de México, 1997, (1), (2), (3), se usó el valor de  $600 \text{ Kg./M}^3$  sin referencia de fuente para este dato, en un estudio para un relleno sanitario pequeño en Chicontepec Ver., a operarse con un tractor tipo Caterpillar D5, sin equipo adicional de compactación, se usó  $500 \text{ Kg/M}^3$  a partir de un peso volumétrico levantado siguiendo la norma de  $133.46 \text{ kg./m}^3$ , (Edo. de Veracruz, 1995, pg. 34, 48). Para un relleno sanitario en Uriangato y Moroleón Gto., (SEDESOL 1996, pg. 5-3 ), se usó el valor de  $750 \text{ Kg./M}^3$  y menciona que se pueden conseguir hasta  $800 \text{ Kg/M}^3$  (considerando la intervención en de un equipo compactador de 310 HP con ruedas para fragmentación y compactación de residuos), valor que no se justifica con una fuente en el estudio, expresa además, que la densidad de los residuos habitacionales sueltos varía entre 140 a  $200 \text{ Kg./m}^3$  cuando de recolecta sin compactación y entre 280 y  $380 \text{ Kg/m}^3$ , cuando se recolecta con vehículo compactador. La falta de mención de una determinación más precisa para cada caso de los rangos del peso volumétrico compactado en camión recolector compactador y del peso volumétrico compactado en el relleno sanitario para distintos equipos, se debe a la deficiente difusión de las experiencias (que son por demás escasas), de operación de rellenos sanitarios en el país y concretamente en las localidades de los estudios mencionados, lo que obliga a los consultores a usar un dato de texto o a veces el proporcionado por el oferente del equipo de compactación. Esto muestra la necesidad de un estudio sobre el tema, que permita a partir de la determinación en campo de pesos volumétricos de distintas fuentes generadoras, no sólo las habitacionales, estimar para los equipos de recolección existentes en el mercado y los procesos de disposición en rellenos sanitarios con distintos equipos de disposición y compactación el conocimiento del peso volumétrico compactado. El enorme vacío que representa la falta un procedimiento serio en los datos que se mencionan, se puede entender por ejemplo al revisar procedimiento de cálculo de la vida útil del sitio de disposición final (apartado 10.2.6.), que siendo función directa de su capacidad volumétrica tendrá una variación de varios años al considerar el rango bajo y luego el alto que se ha

encontrado en los estudios que se mencionan, lo que sin duda ocasionarán escenarios financieros distintos; o bien al calcular los camiones necesarios para la recolección que obviamente son también función de la compactación que pueda conseguirse en determinadas condiciones (apartado 10.2.4.). Es entonces recomendable, mientras no se tenga ese estudio que es específico de nuestros residuos estudiar la sensibilidad del proyecto de relleno sanitario a las variaciones que puede tener el peso volumétrico compactado y revisar y volver a revisar el proyecto cuando se tengan los primeros datos de campo de la operación.

#### **8.4. Almacenamiento.**

Se define en la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente el almacenamiento como "la acción de retener temporalmente los residuos sólidos en tanto se procesan para su aprovechamiento o se entregan al servicio de recolección o se disponen".

Esta primera fase de los residuos sólidos es normalmente de responsabilidad de los que los producen, pero en algunos casos donde las unidades de recolección no pueden entrar a una zona habitacional, porque la topografía del terreno es muy abrupta, o en casos de deficiencias de capacidad de recolección, el municipio instala contenedores para que los usuarios almacenen los residuos en ellos. Existen casos en que el municipio organiza la recolección de zonas populares de esta manera. También se considera almacenamiento el que se realiza en los contenedores en sitios públicos como calles y parques y plazas.

En la muestra de la encuesta SEDUE, de 80 ciudades que contestaron este punto el 65% utiliza contenedores del propio sistema municipal en diferente número y capacidad (de 1 a 6 m<sup>3</sup>). Se refiere a contenedores usados para zonas habitacionales y mercados municipales.

En las habitaciones se utilizan, botes de plástico, de lámina, cajas de cartón o madera bolsas de polietileno (sólo la bolsa o dentro de los recipientes rígidos) con tapas o sin tapas.

Los recipientes sin tapas expuestos a la lluvia hacen que los residuos puedan mojarse y adquirir mayor peso, los recipientes de madera y cajas de cartón, como son rejas o cajas diversas son de difícil mantenimiento, de fácil acceso por fauna nociva y pueden eventualmente perder líquidos, las bolsas sin un recipiente rígido, son también inconvenientes pues pueden ser atacadas fácilmente por la fauna nociva y también pueden perder líquidos y desbaratarse en su manejo.

En sitios como condominios verticales u horizontales se acostumbra a usar el *tambo* de 200 litros para almacenar los residuos en segunda instancia, en primera se manejan los antes descritos en cada domicilio, que es un recipiente muy pesado y difícil de manejar hasta por dos hombres. Estos tambos los utiliza la industria de aceites, combustibles, pinturas, solventes, impermeabilizantes etc., se limpian y se

les adapta la tapa para diferentes usos entre ellos el de almacenar residuos sólidos.

El almacenamiento comercial se hace generalmente, en los mismos tambos de 200 litros o bien en contenedores de mayor capacidad en centros de gran generación como es el caso de mercados y centrales de abasto. Estos tambos no son un contenedor especialmente diseñado para almacenar residuos sólidos, aun cuando está tan extendido su uso, que hasta la forma de moverlos por el personal limpia o los conserjes de los edificios, rodando sobre una arista nos parece normal, sin embargo es mucho más eficiente un contenedor con ruedas especialmente diseñado para residuos sólidos.

Es interesante anotar lo que desatacan Restrepo - Bernache - Rathje, con relación a los procesos de automatización de la recolección en Estados Unidos (1991, pg. 37 y 38), en las ciudades de Tucson y Fhoenix a partir de 1988. El servicio automatizado consiste en la utilización de contenedores rodantes, autocargables en la unidad de recolección, de unos 350 lts o aún mayores, que se proporcionaron a los hogares y se disminuyó la frecuencia de recolección a dos veces por semana. El resultado es que hay un aumento notable de los residuos sólidos por habitante, como efecto de la introducción de estos contenedores, de un 60%, cifra que parece increíble aún cuando se explica que las gentes que tienen este contenedor tienden a tirar cosas que antes iban almacenando en sus cocheras, bodegas o en la casa misma y que en algún momento se reutilizaban, se regalaban o en una limpieza general, se botaban mediante un flete especial. El hecho es que en Tuccson y en Fhoenix, en 1988, se desechaban 1.317 y 1.224 Kg./Hab./Día respectivamente y en Marin Country y Nueva Orleans en 1986 sin servicio automatizado se generaban 900 y 976 Kg./Hab./Día respectivamente. Aún cuando una vivienda de Marin Country tiene un promedio de ingresos de 23,522 dólares anuales, una de Nueva Orleans 20,232 dólares anuales, una de Phoenix sólo 17,071 dólares anuales y una de Tucson alcanza 14,342 dólares anuales. Antes de la automatización la recolección combinada en Tucson - Marin - Milwuakee tenía entre 78 y 81 un promedio de 763 Kg./Hab./Día. Las cifras indican, que aunque en México hay otros factores, que no harían esperar un comportamiento similar al de USA, es un asunto a considerar en un proyecto de automatización.

El uso de ductos en los edificios de apartamentos en altura, muy empleados en una gran cantidad de países, en México han sido escasamente considerados, aunque son prácticos porque evitan el bajar con la bolsa de residuos, requieren de un mantenimiento y limpieza muy cuidadoso, para impedir olores y proliferación de fauna nociva. También la caída destruye envases de vidrio y en general aminora la recuperabilidad de los reciclables.

Sobre el almacenamiento industrial existe un control escaso y son las empresas las que mediante contenedores propios o proporcionados por otra empresa que les hace el servicio de recolección, realizan la eliminación de sus residuos. Si estos son peligrosos el contenedor debe tener características especiales según el residuo el almacenaje, transporte, tratamiento y confinamiento debe estar normado

y controlado por la SEMARNAP y realizado por empresas y transportes autorizados por la misma entidad.

Algunas industrias generan gran cantidad de residuos, en estos casos el uso de tolvas puede ser recomendado para descargarlos por gravedad al vehículo recolector, de tal manera que los residuos no sean tocados por el hombre. La especificación de estas instalaciones se define según el tipo de residuos que se manejen.

### **8.5. Barrido.**

Se designa por barrido a la actividad de limpieza de espacios públicos consistente en recolectar los residuos depositados en los contenedores públicos y recoger los dispuestos en lugares públicos abiertos para transferirlos a unidades de recolección para su expedición al sitio de disposición final o en su caso al tratamiento y/o comercialización de reciclables o a una planta de transferencia.

Son escasos los estudios con relación al tema del barrido, forman parte generalmente de un capítulo dentro de los textos del tema. No se conocen valores nacionales que podamos apuntar en este diagnóstico, sino escasos estudios específicos. En el marco del Programa del Ordenamiento Territorial de la Zona Oriente del Estado de México (POETZOEM), el autor de esta tesis, realizó para la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), una encuesta en 11 municipios que tienen una población de 6,186,350 (del conteo de 1995) que es un 70.79% de los 8,738,449 habitantes que forman los 57 municipios que abarca el estudio. Los municipios encuestados con sus poblaciones según el conteo 1995 son: Ecatepec (1,457,124 Hab.), Netzahualcoyotl (1,233,868 Hab.), Naucalpan (839,723 Hab.), Tlanepantla de Baz (713,143 Hab.), Atizapán (427,444 Hab.), Cuautitlán (417,647 Hab.), Chimalhuacán (412,014), Tultitlán (361,434 Hab.), Chalco (175,521 Hab.), Tecamac (148,432 Hab.) y Acolman (54,468 Hab.).

La encuesta UNAM realizada en 11 Municipios, aporta en materia de barrido municipal los resultados que a continuación se exponen:

En cuanto a la participación de municipio y de agentes externos a él, en materia de barrido para la muestra se tiene que un 87.82 % de esta actividad es realizada por el municipio y el 12.18% por permisionarios. La intervención de permisionarios se presentó en Cuautitlán Izcalli y Nezahuacóyotl donde el 40% y 94% del barrido respectivamente es realizado por *permisionarios*. No se conoció casos de concesión a empresas privadas de este servicio en la muestra referida.

En general el barrido municipal en los municipios estudiados, se concentra en las áreas céntricas en cuanto a cobertura, pero esta no se pudo cuantificar ya que en general los municipios no cuentan con una evaluación en kilómetros cubiertos, ni menos del porcentaje que los realizados significan del total de la traza urbana.



Cabe señalar que a través de la encuesta se conoció el caso del Programa PILOM (Programa Integral de Limpieza y Obra Municipal), desarrollado en Tecamac donde mediante participación de la población y la aplicación de brigadas municipales que se rotan en 22 colonias, 12 pueblos y 2 fraccionamientos se hace barrido y se realizan obras de sembrado y enclavamiento de árboles, pintura de banquetas entre otras. La evaluación de los resultados de este programa pueden servir para el impulso de otras experiencias en esta dirección.

Hay mucho por hacer en estos municipios, para lograr que el barrido pase de ser una actividad donde no se mide la eficiencia y donde sólo se tiene una preocupación municipal por la zona centro de la cabecera municipal y algunas localidades, a la de una actividad con estándares claros, de medición clara de la cobertura y del gasto por kilómetro barrido.

Se revela necesario un diagnóstico de fondo por municipio y el estudio de formas de optimizar recursos del servicio de barrido manual para aumentar su rendimiento, así mismo, en materia de barrido mecanizado, se hace necesario evaluar la experiencia con las distintas marcas y tipos de barredoras mecánicas.

El caso de la integración en tareas de barrido, de los pepenadores que perdieron su actividad producto de la puesta en marcha del relleno sanitario de Tlanepantla es sin duda una salida política, sin embargo un problema de absorción de gente que no reúne el perfil necesario ni tiene la disciplina laboral que cualquier trabajo de horario requiere. Pero se ha conseguido la instalación de un relleno sanitario que opera cumpliendo la norma mexicana y este es el único caso de tal logro, de los 57 municipios que se revisaron en el curso de los trabajos del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de México.

## **8.6. Recolección.**

La recolección es la actividad de retirar los residuos sólidos desde las fuentes generadoras para conducirlos al sitio de disposición final o a una planta de selección de reciclables o una planta de tratamiento. Puede ser económicamente necesaria, por la distancia de la zona de recolección al lugar de la disposición final, la transferencia de los residuos a camiones de mayor capacidad, para lo que se requiere una estación de transferencia. La recolección tiene una **frecuencia** que es el número de veces que se realiza por semana, siendo la ideal la diaria y puede ser realizada por varios métodos que se exponen a continuación.

### **8.6.1. Los métodos de recolección.**

Se denomina método de recolección al tipo de proceso que se realiza en la zona de recolección para evacuar los residuos. Estos se clasifican como sigue:

- PF Método de esquina o parada fija
- AC Método de acera
- ID Método intradomiciliario
- CD Método de contenedores

#### **Método de esquina o parada fija.**

El chofer del camión estaciona la unidad en un punto predeterminado de una cuadra y llama a los usuarios a que acudan con los residuos hasta este. Los usuarios forman una fila para entregar sus residuos a un operador que los vacía directamente al camión (si este es de carga trasera) o se auxilia de otro operador que se encuentra arriba de la unidad para realizar la operación de vaciado (si este es de carga lateral). En el primer caso basta un operario, pero dos acortan el tiempo de vaciado, en el segundo son indispensables dos.

#### **Método de acera.**

Los operarios del camión toman los recipientes colocados en la acera por los usuarios y los vacían en el camión que se desplaza frente a los domicilios. Para este caso es conveniente que el camión sea de carga trasera para permitir que los operarios vacíen directamente los residuos al camión sin necesidad de la operación mencionada en el método anterior. Si vialidad lo permite un operario recoge los recipientes de una acera y el otro de la de enfrente en caso contrario ambos lo hacen en la misma y el camión debe recorrer la calle por el otro lado.

#### **Método Intradomiciliario.**

Es similar al anterior con la diferencia de que los operarios entran a las casas (patios) de los usuarios y retiran de allí los recipientes, para vaciarlos en el camión y regresarlos al sitio en que los tomaron. Es un sistema muy costoso por el tiempo que demanda.

#### **Método de contenedores.**

Este consiste en que los usuarios depositan los residuos en contenedores situados en algún punto donde el camión pasa ya sea para vaciarlos en el camión si se trata de unidades de carga frontal o bien para reemplazar el contenedor lleno por uno vacío. Este sistema se usa en sitios de gran generación como son conjuntos o unidades habitacionales, centros de abasto, supermercados, hoteles etc.

### 8.6.2. Los valores estadísticos y características de la recolección.

Según los resultados de la encuesta SEDUE, mediante un cálculo de basura generada versus recolectada se puede colegir que la cobertura de recolección en ciudades medias es de 85%. Un dato importante es que en la mayoría de los casos las colonias que carecen del servicio son colonias periféricas con problemas de accesibilidad o simplemente que no son atendidas por carencia de equipo.

El Programa de Medio Ambiente 1995 - 2000 señala que "en general, en México, la recolección abarca un 70% del total de RSMS" y agrega el dato de que "en algunas ocasiones llega a representar hasta un 80% de los costos totales que el municipio destina para resolver el problema".

En lo que se refiere a rutas de recolección de las 87 ciudades encuestadas por SEDUE, 66 % reportan el uso de sectores operativos, 42% siguieron un método de diseño técnico, un 66% reporta que sus rutas deben ser actualizadas. En general la situación es de un bajo nivel técnico.

En la encuesta UNAM para los 11 municipios, con relación a si se han realizado o no estudios técnicos para optimar la recolección, se obtuvieron los siguientes datos:

#### ESTUDIOS DE RECOLECCIÓN

Nº	MUNICIPIO	ESTUDIOS DE RUTAS	% Municipal de Recolección
1	Acolman	NO	0
2	Atizapan de Zaragoza	SÍ	32
3	Chalco	NO	100
4	Chimalhuacan	NO	40
5	Cuautitlan Izcalli	SÍ	70
6	Ecatepec	NO	27
7	Naucalpan	SÍ	100
8	Nezahualcóyotl	NO	50
9	Tlanepantla	SÍ	100
10	Tecamac	NO	5
11	Tultitlan	NO	10

Estudios de rutas	36.36 %
Sin estudios	63.64 %
	100.00

#### Cuadro 22.

Fuente: Encuesta UNAM de los residuos sólidos para el POETZOEM.

Los que si cuentan con estudios se trata de análisis de macrorutas por métodos heurísticos. No se encontraron estudios aplicando la programación lineal u otros modelos matemáticos. En cuanto al tipo y frecuencia de recolección, en el Cuadro 23 se presentan los valores promedio conseguidos en los 11 municipios del Estado de México, de la encuesta UNAM.

### TIPO Y FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN
ACERA	DIARIA
PARADA FIJA	UNA VEZ POR SEMANA
ESQUINA	DOS VECES POR SEMANA
CONTENEDORES	TRES VECES POR SEMANA

%	
54.64	40.55
19.45	1.64
24.55	22.27
1.36	35.55
100	100

Cuadro 23.

Fuente: Encuesta UNAM de los residuos sólidos para el POETZOEM.

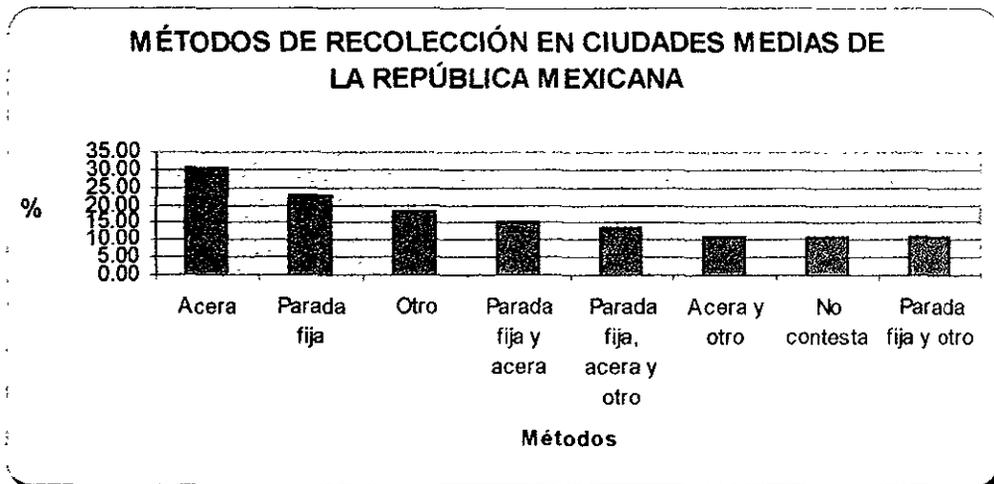
Los valores de la encuesta SEDUE a las 87 ciudades, para el método de recolección y en 66 ciudades para la frecuencia de recolección tienen otra lectura ya que no se preguntó por el porcentaje de cada categoría sino si se realizaba o no tal método o combinación de métodos o tal frecuencia o combinación de frecuencias y el resultado se muestra en los Cuadros 24 y 25 y sus correspondientes gráficas 10 y 11.

### MÉTODOS DE RECOLECCIÓN EN CIUDADES MEDIAS

Método de recolección	Numero de Ciudades	Porcentaje %
Parada fija	15	17.24
Acera	20	22.99
Parada fija y acera	10	11.49
Acera y otro	7	8.05
Parada fija y otro	7	8.05
Parada fija, acera y otro	9	10.34
Otro	12	13.79
No contesta	7	8.05
<b>Totales</b>	<b>87</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 24.

Fuente: Datos SEDUE, ordenamiento y cálculos propios.



Gráfica 10.

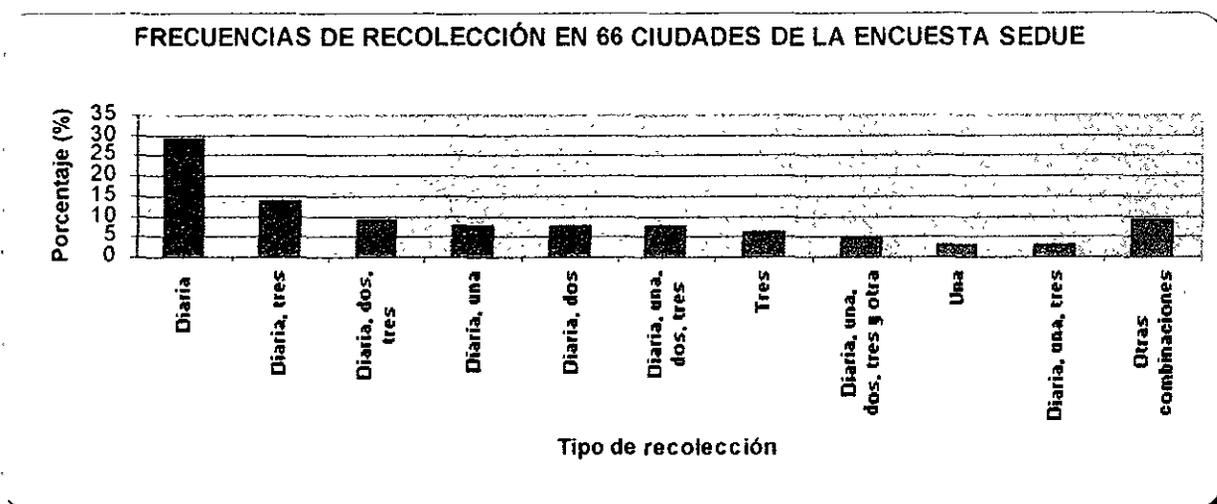
Fuente: Cuadro24.

**FRECUENCIAS DE RECOLECCIÓN EN 66  
CIUDADES DE LA ENCUESTA SEDUE**

COMBINACIÓN DE FRECUENCIA	Nº	%
Diaria	19	28.79
Diaria, tres	9	13.64
Diaria, dos, tres	6	9.09
Diaria, una	5	7.58
Diaria, dos	5	7.58
Diaria, una, dos, tres	5	7.58
Tres	4	6.06
Diaria, una, dos, tres y otra	3	4.55
Una	2	3.03
Diaria, una, tres	2	3.03
Otras combinaciones	6	9.09
Total	66	100.00

**Cuadro 25.**

Fuente: Datos SEDUE, ordenamiento y cálculos propios.



**Gráfica 11.**

Fuente: Cuadro 25.

De estos valores podemos colegir que en el país existe una gran variedad de métodos y frecuencias para realizar la recolección. En cuanto al método de recolección se observa que el más frecuente es el llamado de acera que consiste en el servicio puerta a puerta. En algunos casos en los que los usuarios pagan una cantidad adicional directamente a los empleados del sistema y estos se encargan de cargar los contenedores desde los patios de los edificios o casas y en algunos textos este servicio se llama domiciliario y forma parte de los servicios no regulados por el Municipio que implican donde se realizan una productividad baja de las unidades. Lo justo sería que las colonias que reciben este servicio paguen a municipio por él y los trabajadores del municipio o la empresa de recolección, recibieran un salario que no requiriera de estas compensaciones irregulares, ya que finalmente también pagan la recolección domiciliaria los que mantienen la productividad baja de las unidades vale decir todos los contribuyentes.

Otro aspecto interesante es el que revela el equipo de recolección que utilizan las ciudades de la encuesta: en la encuesta SEDUE del total del parque vehicular de recolección un 49% es del tipo adecuado para la recolección de basura, o sea compactadores de diversas capacidades y un 55% corresponde a camiones de volteo y de otro tipo. Cabe notar que solo un 18% cuenta con estudios de selección de equipos.

También destaca, en esta encuesta, la gran cantidad de camiones descompuestos (17%), lo que se debe al deficiente mantenimiento o nulo mantenimiento preventivo y al fenómeno denominado "canibalismo", que consiste en el desmantelamiento de unidades (que demoran en el taller en espera de presupuesto para una reparación mayor) en función del mantenimiento de otras. El estudio señala que un 37% de las ciudades encuestadas no cuentan con un presupuesto específico para el mantenimiento del equipo y esto sin duda afecta esta actividad.

Un panorama similar fue observado en la muestra de los 11 municipios de la encuesta UNAM para el POETZOEM. También esta encuesta permitió el cálculo de índices de eficiencia de la recolección. De estos índices no conocemos antecedentes de otros estudios, lo que no permite compararlos. Aquí se contabilizan el número de choferes y ayudantes que operan las unidades del municipio, se contabilizan el número de camiones y se calcula su capacidad, se calcula la cantidad de residuos recolectada en el sistema municipal y se divide recolectado entre capacidad y recolectado entre personas ocupadas. La primera división da el número teórico de viaje por unidad al sitio de disposición final y es teórico porque se supone la unidad llena al 100% de su capacidad; la segunda da la eficiencia del personal medida en toneladas por persona ocupada directamente en la recolección, contando los trabajadores que el municipio tiene por exceso del número de unidades con que cuenta para cubrir inasistencias, se excluye el personal de supervisión y administración. Los valores promedios resultantes son de 1.2 viajes y 2.4 toneladas personas.

#### INDICES DE EFICIENCIA DE LA RECOLECCIÓN MUNICIPAL

N°	MUNICIPIO	N°	N°	N°	N°	CAPACI-	DO MUNI-	RECOLEC-	RECOLECTA-	EFICIENCIA	EFICIENCIA
		CHOFE-	AYU-	TOTAL	CAMIO-	DAD		TADO TOTAL	DO MUNI-	AL SDF(1)	TON/PERS
		RES	DANTES		NES	TONS	CIPIO %	TONS	CIPIO TONS.		(2)
1	Acolman	0	0	0	0	0	0	98	0	-	-
2	Atizapan de Zaragoza	52	185	237	49	441	32	500	160	0.363	0.675
3	Chalco	15	39	54	9	68	100	150	150	2.206	2.778
4	Chimalhuacan	2	2	4	2	11	40	75	30	2.727	7.500
5	Cuautitlan Izcalli	85	190	275	44	370	70	700	490	1.324	1.782
6	Ecatepec	74	148	222	72	648	27	1800	486	0.750	2.189
7	Naucalpan	90	270	360	71	433	100	1100	1100	2.540	3.056
8	Netzahualcoyotl	106	214	320	101	808	50	2000	1000	1.238	3.125
9	Tlanepantla	77	92	169	87	505	100	615	615	1.219	3.639
10	Tecamac	2	0	2	2	7	5	120	6	0.857	3.000
11	Tultitlan	11	27	38	11	98	10	375	37.5	0.383	0.987

TOTALES

514 1167 1681 448 3,389

7533 4074.5 1.202 2.424

Cuadro 26.

(1) SDF = SITIO DE  
DISPOSICIÓN FINAL

(2) TON/PERS = TONELADAS POR PERSONA

Fuente: Encuesta UNAM de los residuos sólidos para el POETZOEM.

Estos rendimientos son bajos, si se tiene en cuenta algunas cifras conocidas de la literatura nacional, por ejemplo el texto SEDUE, "Control para la contaminación por residuos sólidos municipales e industriales" (1998, pg.), propone para el cálculo de personal y unidades en México 2 viajes promedio al sitio de disposición final y un rendimiento de 450 Kg/m<sup>3</sup> por hora que en una jornada de 8 horas hacen 3.6 Tons./Persona y trabaja los cálculos con un factor de reserva de 10%.

Debe agregarse a los 1,681 empleados 2.5 "voluntarios", por camión que no forman parte de la plantilla municipal haciendo un total adicional de 1120 personas que trabajan informalmente en el sistema.

La gran cantidad de vehículos de volteo que son en parte los responsables de los bajos rendimiento y otros que no son vehículos óptimos para la recolección se debe a razones como:

- Presiones de los sindicatos de sistema y de pepenadores a quienes favorece, la no compactación para realizar la primera pepena sobre los camiones y favorecer la pepena en los sitios de disposición final.
- La idea de utilizar estos vehículos en otras tareas como son de movimiento de tierras y transporte de materiales.

Es evidente que se han tomado decisiones incorrectas en la materia de constitución del parque, ya que la compactación puede reducir hasta 5 veces el volumen a transportar requiriéndose muchos menos vehículos, personal, combustible, aceite y costos de mantenimiento.

Otro aspecto negativo que más adelante se aborda es el de abultadas plantillas de personal que en general incurre en variados vicios que inciden en una baja productividad (ausentismo, asignación temporal a tareas que no son atinentes al servicio).

También se destaca que la carencia de estudios para la definición de rutas de recolección incide en un deficiente aprovechamiento del parque vehicular.

Un fenómeno asociado a la recolección, es el hecho de que los residuos son sometidos durante esta a un primer proceso de selección de elementos reciclables, lo que hace menos posible que posteriormente se realice el aprovechamiento industrial de los mismos. Este fenómeno se conoce como *primera pepena* (pepena es un aztequismo muy difundido en México) y es una actividad informal desarrollada por trabajadores independientes asociados con los del servicio municipal que van junto con estos en el camión de recolección. Su trabajo consiste en la separación de elementos reciclables como papel, cartón, vidrio envases de plástico, algunos metales y objetos de gran volumen, como colchones, muebles y equipos, reparables o vendibles para el aprovechamiento de sus materiales o partes (la lista varía según la zona de recolección y compradores con los que se relacionan estos trabajadores). Estos reciclables son llevados sobre, bajo o

colgados del camión (que tiene incluso “acondicionamientos especiales” para estos efectos, consistentes en parrillas, ganchos y barandas construidos en toda la envoltura del camión) y se pasan a entregar a depósitos de compradores, con la consiguiente pérdida de tiempo para la unidad y explica en el caso de la encuesta UNAM los bajos rendimientos de la recolección que se han presentado. El aspecto generalmente sucio, de los camiones cargados “por fuera”, y del personal no municipal que no cuenta con uniformes ni equipo de seguridad, es desde el punto de vista estético, negativo en nuestras ciudades y diremos para el que sólo ve los aspectos económicos, un detrimento de su proyección económico - turística.

Otro canal, de la primera pepena lo constituye un tipo de trabajador independiente no asociado con los trabajadores del sistema municipal, quien con un triciclo, carretón de mano, e incluso vehículos de tracción animal, compra o consigue que le regalen los mencionados reciclables. Esta actividad informal, que desde el punto de vista ambiental, es positiva, ya que permite aminorar el volumen de residuos que entran en el proceso del sistema de limpia y es fuente de trabajo para un grupo de gente y genera utilidades para los intermediarios o depósitos que venden el producto a su vez a las empresas que realizan el reciclado, no ha demostrado ser rentable como actividad formal. Su utilidad social, tal como se realiza, es discutible, ya que los trabajadores que en ella participan, son muy mal pagados y no cuentan con ninguna previsión social ni equipo de trabajo para su presentación como overoles o que resguarde su salud, (guantes de seguridad, mascarillas, zapatos de seguridad y/o botas). Los costos de operación de la actividad así realizada, están subsidiados por el sistema de limpia ya que el transporte es proporcionado por este. En las experiencias de privatización del sistema, que se han puesto en práctica, vía concesión a empresas privadas, la primera pepena tiende a desaparecer por no ser considerada rentable. En Puebla donde la recolección es manejada por empresas privadas, algunos de estos contratistas han tratado de promover la separación de reciclables por los propios usuarios del sistema, pero no es fácil ya que en las zonas donde puede haber una composición más atractiva para reciclar, es donde la gente tiene menos necesidad y por lo tanto interés de obtener un ingreso extra por este concepto.

En algunos municipios del Estado de México, existen sindicatos de *permisionarios*, que agrupan a gentes que cuentan con un camión, normalmente de 3,5 toneladas y en otros casos carretones de tracción animal, que cargan hasta 700 kilos y realizan la recolección. Normalmente estos permisionarios cobran directamente a los usuarios el servicio y se quedan con la primera pepena que les permite otro ingreso. El ayuntamiento se deshace, sin costo alguno, de su función de otorgar el servicio de recolección, pero genera un problema urbano por la cantidad de vehículos lentos y de baja capacidad sobre la vía pública que ensucian las calles con las heces de los animales y con un costo transferido a los usuarios. La razón por la que persisten los permisionarios es el compromiso, que asumen partidos políticos y candidatos de representación local en los municipios, con los sindicatos de permisionarios y municipales.

La recolección de los residuos sólidos en el Distrito Federal, que cuenta con muchos más recursos que los municipios de Estado de México no es tampoco eficiente. El total de vehículos de las 16 Delegaciones es de 2,011 de este total 1,087 carros han estado en servicio durante más de 15 años por lo tanto sus fallas son frecuentes. El promedio de viajes a la estación de transferencia y/o relleno sanitario es de 1.7 por día lo que se considera muy bajo y la causas estan a la vista y son las mismas que se han estudiado para los municipios del Estado de México. (Kokusai, 1999, pg. 23).

### **8.7. Transferencia.**

La transferencia consiste en el transbordo de los residuos de las unidades recolectoras a contenedores de mayor capacidad que los conducirán al sitio de disposición final, con el fin de bajar los costos del transporte.

De las 87 ciudades encuestadas, se encontró que en sólo 9 de ellas existían plantas de transferencia, y a la fecha de esta para dos ciudades existían proyectos para su construcción (Culiacán y Zihuatanejo) y en Chihuahua se tenía una en proceso de construcción.

Sin embargo hay varias de estas ciudades que ameritan por su extensión y localización del sitio de disposición final la construcción de plantas de transferencia y es necesario realizar estudios.

En el caso de la encuesta a los 11 municipios no se encontraron plantas de transferencia salvo dos en desuso, en Tlanepantla, municipio que al implementar su relleno sanitario en un sitio relativamente cercano, a las zonas de recolección hizo económicamente innecesarias las plantas existentes, que se utilizan como encierros de camiones.

La transferencia demuestra un estudio económico, que se comenta más adelante (Sánchez, 96, pg.18 y 19), se justifica cuando los camiones superan los 30 minutos en viaje de ida y vuelta al relleno sanitario. Otro autor habla del rango entre 20 y 30 Km. desde las zonas operativas hasta en sitio de disposición final (Acurio, 1980).

Es probable que muchas ciudades de la encuesta SEDUE cuenten con un sitio de disposición final que no supera los límites que se mencionan, pero que deberá relocalizarse al hacerse un estudio bajo normas de este y entonces la planta de transferencia será económicamente necesaria. En el caso de los 11 municipios de la muestra UNAM, para algunos de ellos se proyecta la implementación de rellenos sanitarios regionales lo que hará sin duda económicamente justificable la transferencia.

En el caso de Distrito Federal la transferencia es el sistema fundamental de transporte a los dos sitios de disposición final que se tienen. Se tienen 13 estaciones de transferencia de las que salen unidades de 70 m<sup>3</sup> sin compactar a los rellenos de Bordo Poniente y Santa Catarina y una parte a la Planta de

Selección de Reciclados de San Juan de Aragón desde donde mediante estos mismos trailers se conducen los residuos desechados en esta planta, a los mencionados sitios.

## **8.8. Tratamiento.**

### **8.8.1. La compostación.**

Es el proceso que permite obtener lo que se llama un mejorador de suelos para uso agrícola y en jardines. Consiste en la degradación biológica aeróbica controlada de los residuos orgánicos. Vale decir los microorganismos que producen la degradación requieren de aire para su desarrollo. La composta no es un abono cuya composición química es otra cosa como lo es, por ejemplo, lo es el nitrato de sodio natural o sintético.

La compostación es uno de los procesos para los cuales se han comprado tecnologías de diverso origen sin obtenerse resultados satisfactorios (Plantas Suizas marca Buhler e Italianas marca Tollemechi). Este es un proceso para transformar los residuos orgánicos en una tierra, que actúa como suelo mejorado.

La insistencia de hacer composta, nace de la alta composición de elementos orgánicos en los residuos sólidos del país, que van desde el 56% al 62% en cifras redondas, tomando los valores INE y SEDUE respectivamente aunque la primera pepena retira parte del papel y el cartón siguen siendo cifras atractivas para un proceso de composteo.

Tal vez la única experiencia industrial exitosa conocida en el país es la de la planta de Mérida, que cuenta con un mercado bien definido por la carencia de suelos en la zona. De las plantas puestas en marcha en México, D.F., Guadalajara, Monterrey, Toluca y Oaxaca tres habían cerrado a la fecha de la encuesta y las demás se encontraban en vías de hacerlo. Una planta que se adquirió para Acapulco nunca llegó a entrar en operaciones, se abandonó el proyecto a la luz de los fracasos de las otras plantas, con parte de la obra civil en pie.

En San Juan de Aragón del Distrito federal tenía una planta de composta que fue desmantelada en 1993 y las causas pueden atribuirse siguiendo a Kokusai (1999, pg.24) a que: la composta que se estaba obteniendo tenía demasiadas impurezas (como vidrio y plástico) debido a que la materia prima carecía de una correcta selección y la baja productividad de la planta por escasez de recursos de la Delegación (la G. A. Madero) para su correcta operación. El informe Kokusai (1999, pg 24), plantea que el proyecto de composta se debe asociar a un proceso de selección en la fuente con recolección separada.

En los últimos dos años en el Distrito Federal se realizan acciones de compostación a partir de material triturado obtenido de los árboles de Navidad, contando con la colaboración de la población y organizaciones civiles, que hicieron entrega de estos en las plantas de transferencia y centros de recepción destinados

por las autoridades. El material triturado de residuos de jardines particulares y públicos, es transformable en una excelente composta debería constituir una actividad que pase de lo circunstancial a lo permanente. En Cuautitlán Izcalli, estado de México, opera una planta de composta desarrollada por iniciativa particular en condiciones sanitarias deficientes.

Los mencionados fracasos de la composta tienen en gran parte que ver con la insuficiencia de estudios que orienten correctamente las inversiones, estos son:

- De mercado de la composta y
- De factibilidad técnico económica de la inversión.

Un concepto importante a la hora de hacer números sobre estos proyectos es considerar que una tonelada que no se envía al sitio de disposición final significa un ahorro, de entre \$50 a \$60 de (5 US\$ a 6 US\$) de su correcta disposición, mas el beneficio de aumentar en una fracción la vida útil del sitio de disposición final. La actividad de compostación debería mediante algún tipo de incentivo, recibir este ingreso.

### **8.8.2. El reciclaje.**

El reciclaje como actividad formal no ha demostrado todavía ser rentable. Es el caso de la operación deficitaria de las 3 plantas del D.F., operadas por la Dirección general de Servicios Urbanos y las organizaciones de los pepenadores conjuntamente que son San Juan de Aragón, Santa Catarina y Bordo Poniente. Cabe señalar que a estas plantas los residuos llegan en un buen porcentaje empobrecidos por la primera pepena. En San Juan de Aragón según el informe Kokusai se recupera un 4.4 % de los residuos que ingresan en Bordo Poniente, 5.3 % y en Santa Catarina un 6.6% haciendo un promedio de 5.3%. Esto hace estimar, considerando un 6 % para la primera pepena, que sólo se alcanza a recuperar un 11.3 % del total de los residuos que siguen el proceso: primera pepena en la recolección – transferencia – reciclaje y disposición final. Las plantas mencionadas procesan un total de 1,765,882 toneladas anuales del total de 4,169,000 recolectadas. Si consideramos que en la primera pepena se extrae un 6% se recuperan allí 250,140 Tons./año, que sumado al 5.3% de lo procesado por las plantas que es de 93,592 Tons./año resulta un total de 343,732 Tons./año que significan una recuperación del 8.2% del total de los residuos. Si los posibles reciclables suman para el D.F. 46.21% o sea 1,926,494.9 Tons/Año (Ver cuadro 17) se está recuperando sólo un 17.84 % del potencial. Estas cifras habría que ajustarlas con un estudio de la primera pepena.

En proyectos muy ambiciosos como el de la ciudad de Chicago, con un costo de inversión de 50 millones de dólares, en 4 plantas de tecnología de punta, (separación por cribas de distinto paso, separación magnética y controles computarizados e inteligentes) para manejar un promedio de 100 Tons/hora en una base de 24 horas logrando en todo el sistema 9,600 Tons/Día (vale decir los

residuos del D.F.), partiendo de la base de un programa de selección en la fuente de los residuos con participación de la población se esperaba después del primer año de operación el 10% de recuperación y solo se obtuvo el 8.5% lo que ha hecho dudar del cumplimiento de la meta para años subsecuentes del 25% de recuperación (que representa un 40% del potencial total que es para los residuos de USA del orden del 64%) (Hilts, 1996, pag 1-7). Considerando que este es un proceso con residuos con un mayor grado de recuperabilidad que los nuestros, practicado con participación de la población, con una tecnología muy avanzada, podemos hacernos de una idea de las dificultades que se enfrentan si nos queremos plantear metas en el D.F. por ejemplo como del 20% de recuperación que significarían un 43% de nuestro potencial.

En el Cuadro 27 del Anexo 1 se presentan las características de las tres plantas de separación de reciclables del D.F. La tecnología de estas plantas es intensiva en mano de obra y se pensaron así en función de ocupar a los pepenadores que realizaban su labor en los tiraderos. Este criterio no debe constituirse en un principio, ya que es posible pensar que si una tecnología intensiva en capital demuestra una rentabilidad mucho mayor, puede ser mejor reubicar a los pepenadores en otras actividades del sistema de limpia o del municipio, por ejemplo mantenimiento de parques, pintura de señales urbanas, cuidado y limpieza de parques etc. Vale decir el estudio de factibilidad debe mostrar los beneficios económicos y sociales en distintas alternativas tecnológicas.

Cabe señalar que si la separación de los subproductos se realizara en una operación integrada a la transferencia no se incurriría en un flete y una maniobra de carga en la unidad de transferencia extra como ocurre con San Juan de Aragón. Se estima necesario realizar estudios técnico económicos para implementar los procesos de reciclado que consideren las alternativas que se pueden poner en práctica desde la generación.

En países desarrollados donde se cuenta con tecnología para el tratamiento y utilización productiva de los residuos sólidos (generación de energía eléctrica), y donde los residuos son de mayor valor calórico, la mayor parte de los residuos se disponen en rellenos sanitarios (En USA el 72.7 %). Esto muestra que para nuestro caso con residuos de un bajo poder calórico, sin contar con tecnologías propias, es difícil pensar que los sistemas de tratamiento puedan tener en el corto ni en el mediano plazo un alto porcentaje de los residuos generados en el país. Aunque deben hacerse todos los esfuerzos posibles, por incrementar los porcentajes ya que el reciclaje independientemente de lo que genere como actividad separada de otros procesos, tiene un beneficio de tipo ecológico al minimizar la disposición en el relleno sanitario y económico si se tiene en cuenta el costo de una disposición correctamente realizada. Si no se tiene en cuenta este beneficio, el reciclaje puede aparecer como un mal negocio en números de una actividad económica formal.

Es difundido como conocimiento popular que el reciclaje es un gran negocio, sobre todo a la luz de reportajes periodísticos ligeros, que siempre buscan la noticia del

enriquecimiento de líderes de pepenadores o de opiniones de "ecologistas de buena voluntad" que impulsan proyectos de reciclaje, sin la base de un estudio de factibilidad técnico económica.

Cabe señalar que los pepenadores en los sitios de disposición final están a menudo a sueldo de líderes que se enriquecen con su trabajo sin otorgarles seguridad social, ni equipos de seguridad, con sueldos realmente miserables, (en las visitas a los 10 vertederos del Estado de México de la muestra UNAM, se conoció de sueldos de 150 pesos, 15 US\$ semanales). Un permisionario de recolección, con una carreta con un burro, que es una unidad empresarial independiente que no paga impuestos ni leyes sociales, debe trabajar duro para obtener más de 120 pesos día y costear su animal, que no siempre se alimenta de los residuos y amortizar su vehículo y apoyar a su sindicato.

Otro problema del reciclaje son las limitaciones de la demanda de la industria que compra los subproductos. Un incremento de la producción de reciclados lo único que produce en algunos casos es la baja de los precios de estos ya que los intermediarios y las empresas recicladoras empiezan a sobreinvertirse y frenan las compras salvo que sean a un precio mucho menor. Las fluctuaciones de los precios durante el año son otro problema conocido de la actividad que afectan la planeación de la producción.

### **8.9. Disposición final.**

La disposición final de los residuos sólidos en México se realiza generalmente mediante el sistema del tiradero a cielo abierto, o vertedero sin o escaso control, originándose contaminación del suelo, agua y aire. Los lixiviados, líquidos producidos en el proceso de descomposición, se filtran contaminando los suelos y mantos freáticos, cuando estos se encuentran cerca de la superficie o bien son arrastrados por escurrimientos superficiales, mezclados con las aguas de lluvia, hasta cuerpos receptores de agua, contaminándolos químicamente. Por otra parte la presencia de alimentos en descomposición induce la proliferación de insectos y roedores portadores de enfermedades afectando la salud de la población. En la mayor parte de los países de América Latina la planeación y control de los residuos sólidos depende de los ministerios o secretarías de salud, por lo que se han impulsado algunos estudios de la relación que guarda la deficiente disposición de los RSM con el aumento de la incidencia de ciertas enfermedades, como son hepatitis, cisticercosis, higaditis, triquinosis, leptospirosis, toxoplasmosis, sarnas, micosis, rabia, cólera, salmonelosis y otras parasitosis y afecciones a la piel. En México no se ha realizado hasta la fecha un estudio de este tipo.

Uno de los importantes vectores de algunas de las enfermedades mencionadas son las ratas que son difusoras de una pulga que es vectora de algunas enfermedades de las que es portadora este roedor. Se ha estimado que en el Distrito Federal existe una población de unos 50 millones de rata *novergicus* (rata de alcantarilla) (ver amplio reportaje en el diario Reforma, 7 del agosto de 1999), que se desarrolla por efecto de la mala disposición y manejo de los residuos

sólidos en distintas fuentes generadoras y por la disposición final inadecuada a cielo abierto de los residuos en los municipios del entorno de la ciudad, lo que se precisa más adelante.

Cabe señalar que en los tiraderos a cielo abierto de la mayoría de nuestros municipios hay un escaso y en algunos casos nulo control de los residuos que en ellos se depositan, siendo frecuente encontrar en ellos residuos peligrosos o CRETIB (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y biológico infecciosos).

Una fuente, del tipo biológico infeccioso, proviene de los hospitales y clínicas y veterinarias que no cuentan con un sistema de tratamiento de sus residuos peligrosos, estos pueden ser la sangre humana, cultivos y cepas microbiológicos, residuos patológicos, residuos de animales, residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes y los objetos punzocortantes. El manejo correcto de estos residuos está sujeto a la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995. En cuanto a la irregularidad en la disposición del conjunto de los residuos peligrosos basta comparar la producción estimada de estos en el país con la capacidad nacional de procesamiento adecuado de los mismos para darse una idea de las cantidades que se están disponiendo de manera inconveniente que según los datos que se han mostrado en el apartado 8.1.4. la cobertura es sólo del 4%.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) y la OPS (Organización Panamericana de la Salud), han impulsado estudios, sobre residuos urbanos especialmente los peligrosos, en varios países de América Latina.

Otro aspecto negativo de los tiraderos son los malos olores y el desagradable espectáculo para la vista o contaminación visual o estética.

De las 87 Ciudades de la encuesta SEDUE, sólo 14 cuentan con rellenos sanitarios, el resto (el 84%) dispone los residuos en tiraderos a cielo abierto sin ningún control sanitario. La selección de los sitios es totalmente arbitraria y no se cuenta con los estudios necesarios. De acuerdo al PNPM en el país sólo 16,000 Ton./Día son depositadas en rellenos sanitarios y se encuentran operando en el país 34 los cuales cubren el 21% de las necesidades de la población. De las 87 encuestadas 29 no tienen controlado el acceso a los sitios de disposición final. (SEDUE 1992, p. 194 y 200).

En el Programa de Medio ambiente 1995 - 2000 se señala que en el país, "la recolección abarca un 70% del total de RSM, pero, sólo un bajo porcentaje de ese total, poco más del 17%, se dispone en rellenos sanitarios; el resto (83%) se deposita en tiraderos a cielo abierto. Por su parte, el 30% que no se recolecta se abandona en calles y lotes baldíos, se tira en basureros clandestinos o en cauces de ríos y arroyos".

En materia de estudios de rellenos sanitarios, pocas ciudades cuentan con la información básica para realizar un proyecto ejecutivo de ingeniería para la

realización de un relleno sanitario. Hay que partir haciendo estudios de generación y composición de los residuos.

En la Zona Metropolitana del Valle de México se tienen sitios que se pueden calificar como rellenos sanitarios, vertederos controlados y tiraderos a cielo abierto. Lo anterior es una categorización que se puede trabajar, con distintos criterios, de acuerdo al grado de cumplimiento de la norma oficial mexicana NOM - 083 - ECOL- 1984.

En la encuesta UNAM, se decidió calificar de **relleno sanitario**, al que cumple con los aspectos sustantivos de la norma que son: aceptación oficial del sitio después de un estudio de evaluación ambiental de acuerdo a la norma señalada, el cubrimiento diario de los residuos con especificaciones establecidas en un proyecto de ingeniería, tratamiento de los lixiviados, captación del biogas, control del acceso con pesaje, cercado con control de acceso, eliminación total de la pepena, protecciones o barreras verdes.

Se calificó de **vertedero controlado** al sitio que realiza cubrimiento de los residuos, aunque sin especificaciones de proyecto y no diario, operando en un sitio no evaluado, vale decir que en general no cumplen con la norma en algunos puntos, no tienen tratamiento de lixiviados, tienen captación de gas y en algunos casos permiten la pepena. Cabe señalar que, los vertederos controlados generan impactos ambientales de distinto tipo, tanto en suelo y agua y en la salud de la población y de los pepenadores.

Se calificó de **tiradero sin control** a los sitios donde no se realiza proceso alguno de cubrimiento y solamente se depositan los residuos y donde normalmente actúa un grupo de pepenadores. Los impactos sobre la salud de la población son aún mayores.

En el Distrito Federal funcionan el relleno sanitario Bordo Poniente ubicado en la Zona Federal del ex Lago de Texcoco y el relleno controlado denominado Santa Catarina que se encuentra al sur oriente de la ciudad que está próximo a ser clausurado. El relleno del Bordo Poniente, recepciona 9,000 Tons./Día y ahora se y santa Catarina 2,000 Tons día de Santa Catarina. Los residuos que reciben estos sitios tienen una parte de D.F. y otra de municipios del estado de México. El relleno de Bordo Poniente es el más grande del país, se encuentra aproximadamente a 4 Km. al noreste del aeropuerto internacional de la ciudad de México en el área del antiguo lago de Texcoco, en donde el acuífero subterráneo es de alta salinidad. Santa Catarina se encuentra sobre la pendiente externa de la caldera de un volcán inactivo junto a la carretera México Puebla en la salida de la ciudad y tiene como gran inconveniente su proximidad a un acuífero este si de agua potable (Kokusai, 1999). Puede calificarse a Bordo Poniente como relleno sanitario y a Santa Catarina como vertedero controlado ya que este último presenta varias deficiencias a la norma oficial como son cubierta insuficiente, que no cuenta con báscula y el sistema de tratamiento de lixiviados consiste en sacarlos para camiones cisterna y conducirlos al pozo de secado de Bordo Poniente.

En la encuesta UNAM a 11 municipios del POETZOEM, se encontró con que sólo uno de ellos cumple con las normas nacionales requeridas para estos sitios y es el caso del relleno sanitario de Tlanepantla (ver fotos en el anexo fotográfico), 7 pueden calificarse como vertederos controlados, por cumplir algunas de las condiciones de la norma, dos de ellos son tiraderos sin control alguno y uno de ellos dispone en el sitio denominado Santa Catarina, controlado por una organización de pepenadores que no permite el acceso de los funcionarios y técnicos del municipio, por lo que no pudo ser evaluado. En los 46 municipios restantes no encuestados no se tiene ningún otro ejemplo de relleno sanitario de acuerdo a normas salvo los que no tienen sitio propio y disponen en el Bordo Poniente del D.F.

En la encuesta se consiguió conocer algunas variables que se presentan en el cuadro siguiente:

#### CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

N°	MUNICIPIO	ÁREA DEL SITIO HA.	VIDA ÚTIL AÑOS	ÁREA DE AMPLIACION HA.	DISTANCIA SIT. URBANO MTS.	PROFUNDIDAD NIV. FREÁTICO MTS.	DISTANCIA CUERPO AGUA MTS.
1	Acolman	1.00	0.00		400		
2	Atizapán de Zaragoza	49.50	30.00		15	110	
3	Chimalhuacán	4.00	0.80		10	0	0
4	Cuautitlán Izcalli	1.00	0.16	1.50	2000		
5	Ecatepec	4.00	0.17	10.00	1500	90	300
6	Naucalpan	30.00	0.00		2000		5000
7	Netzahualcóyotl	33.50	0.33		20	0	2000
8	Tecamac	3.00	2.00		2200		
9	Tlanepantla	28.00	20.00		500	120	500
10	Tultitlán	7.00	0.00		3000		30

Cuadro 28

Fuente: Encuesta UNAM de los residuos sólidos para el POETZOEM.

Del área que cubren estos sitios, se estimó como trabajo a realizar de manera urgente 80.5 hectáreas de saneamiento, con distintos grados de alcance. Para cada sitio debe realizarse un proyecto de saneamiento.

Los proyectos de saneamiento pueden tener diferentes alcances y objetivos desde impedir que el sitio signifique riesgos de contaminación y afectación a la salud humana hasta la construcción de parques y unidades deportivas.

En el cuadro 29 se puede observar la carencia de construcciones de los sitios visitados lo que deriva en un deficiente control de los sitios y en el cuadro 30 los empleados que asignan los ayuntamientos para el control y los pepenadores que allí realizan su actividad.

### CONSTRUCCIONES Y EQUIPAMIENTO

N°	MUNICIPIO	CASETA DE VIGILANCIA	CERCADO	PESAJE	ILUMINACIÓN	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL GAS
1	Acolman	No	No	No	No	No	No
2	Atizapán de Zaragoza	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
3	Chimalhuacán	No	No	No	No	No	No
4	Cuautitlán Izcalli	Sí	No	No	No	No	No
5	Ecatepec	Sí	No	No	No	No	No
6	Naucalpan	Sí	No	No	No	Sí	Sí
7	Nezahualcóyotl	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
8	Tecamac	Sí	No	No	No	No	Sí
9	Tlanepantla	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
10	Tultitlán	Sí	No	No	No	No	No
% de Sí		0.80	0.30	0.20	0.30	0.30	0.30

Cuadro 29.

Fuente: Encuesta UNAM de los residuos sólidos para el POETZOEM.

### PERSONAL MUNICIPAL Y PEPENADORES

N°	MUNICIPIO	N° PERSONAL DEL MUNICIPIO	N° DE PEPENADORES	N° DE ORGANIZACIONES
1	Acolman	1	51	1
2	Atizapán de Zaragoza	9	10	1
3	Chimalhuacán	1	40	1
4	Cuautitlan Izcalli	6	175	1
5	Ecatepec	2	150	2
6	Naucalpan	17	320	3
7	Nezahualcóyotl (1)	2	300	1
8	Tecamac	3	50	1
9	Tlanepantla	1	0	0
10	Tultitlan	2	100	1
TOTALES		44	1196	12

(1) En Nezahualcóyotl existen 4 organizaciones de Permisarios – pepenadores

Cuadro 30.

Fuente: Encuesta UNAM de los residuos sólidos para el POETZOEM.

En los 11 sitios laboran 44 empleados municipales y 1196 pepenadores agrupados en 12 organizaciones sindicales generalmente bajo el control de un líder sindical, vale decir no democráticas. Los pepenadores reciben un ingreso de subsistencia, que el líder les fija y este se beneficia con la venta de los productos. Los pepenadores entorpecen los trabajos en los vertederos encareciendo su operación que se realiza en general con maquinaria rentada por hora.

Se tiene en general un aprovechamiento bajo de los equipos, que en la mayoría de los casos están sobredimensionados para los volúmenes a mover. Esto se puede comprobar, si se comparan las operaciones municipales con las concesionadas.

## 8.10. Aspectos sociales y políticos.

Los que pertenecen al medio de los técnicos en residuos sólidos en México, acostumbran a decir que los problemas del sector no son técnicos, que la ingeniería de los residuos sólidos es conocida y sin grandes complejidades y que lo que sí es verdaderamente difícil de abordar son los problemas sociales. Siendo los problemas sociales de indudable complejidad, no parece correcto afirmar que los técnicos no tengan sus dificultades, aunque la técnica del relleno sanitario sea un problema bastante estudiado. Los rellenos sanitarios regionales y las alternativas económicas de la transferencia, el reciclaje y los tratamientos por mencionar algunos de los temas no son problemas triviales de la ingeniería sanitaria y financiera.

En materia de problemas sociales podremos mencionar los siguientes:

- Actitud de oposición del sindicato de trabajadores del servicio de limpia ante la eliminación de la primera pepena que se realiza empleando los camiones de recolección, o la introducción de controles de eficiencia y modernización.
- Actitud de oposición sindicato de limpia ante la concesión de la recolección.
- Actitud de oposición de los permisionarios del sistema de recolección ante la instalación de normas de recolección y transporte de los residuos.
- Actitud de oposición de los sindicatos de pepenadores (suelen ser más de uno), ante la supresión de la pepena en el sitio de disposición final, en la coyuntura de la concesión del servicio.

Entre los problemas políticos podemos mencionar:

- Alta rotación de los cuadros técnicos del sistema de limpia debido a que se les remueve con cada cambio de administración municipal.
- Compromisos con los sindicatos de autoridades municipales que las atan de manos para la realización de reformas.
- Escasa concertación intermunicipal o en su caso interestatal para localizar sitios para rellenos sanitarios regionales e implementar proyectos favorecidos con una economía de escala.

## 8.11. Recursos humanos.

Cuando la SEDUE realizó su encuesta a las 87 ciudades de la muestra que hemos presentado en 1992, encontró que sólo 30 de ellas habían realizado cursos de capacitación dirigidos a su personal de limpia, y sólo 11 contaban con una oficina de capacitación. La encuesta reveló por otra parte que de los 13,025 empleados de la muestra se tenían 9,324 de base y 3,457 eventuales. La alta cifra de eventuales que hace un 16% revela la rotación y poca importancia que se da al

sistema de limpia. En general es difícil encontrar en los municipios personal profesional capacitado en la materia en los niveles de jefatura. Esta realidad apenas ha cambiado y se puede afirmar que existe un gran rezago en esta materia.

En el Distrito Federal existen unos 8,500 barrenderos de base (con nombramiento estable y eventuales (contrato temporal), se estima además que hay unos 3,000 barrenderos voluntarios. El barrendero de base percibe un sueldo de \$2,200 (US \$ 220 al mes y el eventual de \$ 950 (US \$ 95) pero a este ingreso hay que agregar por propinas o cuotas \$ 1,000 (US \$ 100) y por venta de reciclables unos \$ 600 (60 US \$ 60), esto hace un ingreso de \$ 3,800 (US \$ 380) para el basificado, \$ 2,550 (255 US \$) para el temporal y 1,600 (US \$ 160) para el voluntario. Los barrenderos compran o rentan sus carritos de tambos para trabajar siendo el costo de la renta de \$ 20 diarios (US \$2). (Kokusai, 1999 pg. 20, 21).

Los recolectores se pueden clasificar en chofer, ayudante y voluntario, el Gobierno de Distrito Federal, a través de las Delegaciones, emplea aproximadamente a 2500 choferes y a 3400 ayudantes de chofer todos basificados. El chofer gana \$ 2,500 por mes más \$ 3,500 de propina o cuota y \$ 750 de los barrenderos haciendo un total mensual de \$ 9,750 (US \$ 975), el ayudante percibe un sueldo de \$ 2,200 más 1,750 de propina o cuota y \$ 375 de los barrenderos haciendo un sueldo mensual total de \$ 5,825 (US \$ 582.5) y el voluntario percibe lo mismo que el ayudante pero sin el sueldo base haciendo un total de \$ 3,625 (US \$362.5). Valores promedio que varían mucho dependiendo de la colonia se comenta en el medio que hay choferes que ganan más de \$ 15,000 mensuales (US \$ 1,500) y se da el caso de voluntarios que sólo ganan el sueldo mínimo siendo empleados del chofer. Es en estas circunstancias comprensible la oposición del gremio de barrenderos y recolectores a cualquier cambio en el sentido de la privatización de las actividades del sistema de limpia. (Kokusai, 1999 pg. 21).

## **8.12. Costos.**

Los costos de inversión dependen de la calidad de los servicios que se presten, en el caso de la recolección son importantes la frecuencia y el tipo de recolección y en cuanto a la disposición final se requiere cumplir con lo establecido por la norma. El texto de indicadores del INE (1997) muestra a precios de Mayo de ese año, valores que son de utilidad para planeación. Los promedios nacionales son de \$ 50.16 por habitante de inversión anual y de \$ 156.40 por tonelada. El desglose por región se muestra en los Cuadros 31 y 32 del Anexo 1.

## **9. ESTRATEGIAS Y ACCIONES.**

### **9.1. Estrategias del subsector.**

Se considera que se debe anteponer en primer lugar la salud de la población como el aspecto prioritario del manejo de los RSM: los rezagos en materia de almacenamiento deficiente, cobertura y frecuencia de barrido, recolección y los tiraderos clandestinos o del propio municipio mal manejado, fuera de las normas mexicanas, deriva, como es conocido, en la proliferación de enfermedades que se transmiten a través de la fauna nociva y el aire que respiramos. El agua de cuerpos superficiales y subterráneos también puede contaminarse mediante la infiltración de lixiviados y afectar a fuentes de abastecimiento de alguna población.

Por último, en materia de afectación a la salud, se debe considerar la de los empleados del sistema y la de los pepenadores que participan, como ya se ha comentado, en las distintas etapas del proceso sin las protecciones adecuadas y entorpeciendo la utilización eficiente de la maquinaria y los equipos.

Por las razones expuestas la garantía del menor riesgo posible, de salud debe ser entonces la primera prioridad del sistema de limpia.

En segundo término, se debe poner el cuidado del medioambiente, que aunque relacionado con el tema de la salud humana, se presenta con una connotación propia. Esto quiere decir que en la medida de lo posible, o sea considerando las restricciones económicas, se debe buscar la minimización del impacto al medioambiente, derivado de la disposición de los RSM.

En tercer término se debe considerar que los recursos limitados de los municipios imponen soluciones económicas, dentro de las alternativas que se tienen en el proceso de los RSM. Por ejemplo se puede descartar, en este momento, la incineración como la vía más importante para disminuir los residuos, por el altísimo costo que tiene una incineración limpia de gases contaminantes y aún una no tan limpia y porque quedan todavía un 10%, del peso de los RSM, de cenizas por disponer. Más adelante se trata este tema con mayor profundidad.

En materia de desarrollo tecnológico se debe buscar una modernización del servicio. No se puede esperar un servicio eficiente con soluciones como carretas de tracción animal, que aunque generan más empleos, producen trastornos económicos difíciles de medir derivados de la ineficiencia urbana y afectaciones a las condiciones sanitarias de la ciudad. Se trata de estudiar las opciones acordes a las posibilidades de los municipios y objetivos particulares para cada caso, resueltos por un programa integral en el marco de directrices estatales y nacionales. Lo que descartamos son las tecnologías obsoletas o atrasadas y buscamos soluciones en las tecnologías intermedias y en algunos casos de punta, para lo cual deben hacerse estudios de factibilidad con alternativas tecnológicas.

En cuanto a los problemas sociales diremos que la modernización del servicio debe buscar la integración de los empleados actuales y gentes que laboran y ganan su vida con los residuos sólidos a nuevos esquemas, sistemas y proyectos. La oposición a la concesión del servicio de recolección por parte de los empleados municipales o de los pepenadores al establecimiento de un relleno sanitario tiene diversas soluciones, que se comentarán.

Como estrategia financiera general se contempla, en primer término proponer el estudio de una modificación de la Ley Orgánica de la Administración Pública Municipal para cobrar la prestación del servicio de recolección de los residuos. También la promoción de inversiones privadas es una vía hoy día abierta en el camino de la modernización de los servicios. Otra vía es la obtención de créditos BANOBRAS, BID que son una opción para proyectos del subsector.

En cuanto a la participación de la comunidad se trata de buscar formas para que la población realice la forma de separación de los residuos, que convenga en cada caso y utilice contenedores que faciliten la recolección.

Se especifican acciones para cada etapa del ciclo de los RSM; sin embargo, éstas deben enmarcarse en un **proyecto integral**, construido sobre bases estatales y municipales, atendiendo a la normativa y programas nacionales.

La integración federal se da mediante el marco programático que aporta el Programa Nacional de Desarrollo (SHCP, 1995) y el Programa del Medio Ambiente 1995 - 2000 (SEMARNAP, 1995) y el estatal por los programas estatales de protección al ambiente. Sin embargo es necesario promover una integración específica del subsector mediante un programa estatal para los residuos sólidos, que atendiendo al marco nacional proyecte una orientación a los municipios para el desarrollo de sus propios programas.

Es el eslabonamiento de la cadena de los RSM, lo que hace que las acciones de una parte repercutan en la otra. Por ejemplo si se promueve la separación de reciclables en la fuente de generación, ésto afectará a la recolección donde se deberá decidir si se hace en camiones que transporten cargas diferenciadas como los hay hoy en Europa, o si las bolsas separadas se transportarán revueltas en el camión recolector y serán diferenciadas en la planta de sección (como se hace en Chicago); asimismo deberá calcularse la vida útil del relleno sanitario sobre la base de un flujo disminuido progresivamente, a medida que se progresa en el porcentaje de reciclo. Por lo tanto las acciones que se mencionan para cada etapa se suponen en el marco de un programa integral de manejo de residuos sólidos municipales (**PIRSM**).

## **9.2. Estrategia para la generación.**

Promover la disminución de la generación en la fuente y cambios en la producción de empaques y embalajes y productos de consumo, que reduzcan el impacto al

ambiente de los RSM y que sean económicamente viables. Promover cambios en la actitud en la generación a través de la educación ambiental.

Se plantean las siguientes acciones:

### **9.2.1. Acciones para la generación.**

Formar una base de datos nacional, estatal y municipal de los RSM en materia de generación, composición de los RSM. Para lo anterior se necesita realizar los estudios municipales con definiciones básicas, alcances y formatos compatibles.

Promover cambios en la generación de residuos, con vistas a la disminución en la fuente de los mismos. Para lo anterior se requiere realizar estudios de "ciclo de vida" o "de la cuna a la tumba" para que los esfuerzos en este sentido, garanticen menores impactos a los recursos y gastos energéticos. La promoción de estos cambios se puede realizar mediante apoyos e incentivos fiscales, disposiciones legales y normatividad, creación y/o ampliación de nichos de mercado: por ejemplo la ampliación del uso de papel reciclable en la administración pública, mediante guías de proceduría, provoca el aumento del mercado del papel reciclable, incentivos fiscales a los fletes de residuos celulósicos embalados que serán reciclados etc. (Careaga, 1993, pg. 7 a la 14).

Promover la integración industrial en el aprovechamiento y reciclaje de los residuos. Se parte de la base que los primeros interesados en sacar provecho de los residuos son las propias industrias y en general si no lo hacen, en algunos casos es por que económicamente no tiene sentido. El estudio de estos casos puede llevar a factibilizar tales aprovechamientos, mediante incentivos y normativas.

Promover la conciencia de que la reducción de los RSM favorece nuestro medioambiente.

### **9.3. Estrategia para el almacenamiento.**

Promover formas de almacenamiento en contenedores sanitariamente adecuados que optimicen la recuperación de reciclables y que faciliten su manejo en la recolección.

Se plantean las siguientes acciones:

#### **9.3.1. Acciones para los contenedores.**

Un aspecto relacionado con la recolección es el del almacenamiento. En esta materia se puede señalar en primer término que el municipio debe preocuparse por normar el almacenamiento de los residuos tanto de los habitacionales como los no habitacionales, ya que unos buenos contenedores facilitarán enormemente la recolección de los residuos.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

Si los recipientes no tienen tapa y los residuos están expuestos proliferaran moscas y otros insectos vectores de enfermedades e infecciones. También si no tienen protección frente a la lluvia se pueden mojar y aumentar su peso. Si los contenedores son muy pesados dificultan las maniobras lo mismo si son muchos y muy livianos. Se dificulta adicionalmente la maniobrabilidad si la forma es inadecuada.

A través de los bandos el municipio puede normar el recipiente habitacional para dos categorías, unifamiliares y multifamiliares:

Para los unifamiliares que:

- Su volumen sea fácil de manejar (por ejemplo, mayor a 60 litros y menor a 120 litros, si la recolección es manual).
- La forma preferente es de un cono truncado, donde la base es de menor diámetro un poco menor que el de la parte de la tapa. También se fabrican como pirámides truncadas de base cuadrada o rectangular siendo esta base de menor área que la parte de la tapa.
- Que no tenga aristas afiladas.
- Que tengan tapa que selle de olores y evite el acceso de insectos u otros animales.
- Que sea resistente y sus aditamentos (asas, preferentemente de ambos lados), permitan su manejo eficiente.
- Que sea higiénico, o sea fácilmente lavable.

Para los multifamiliares se puede normar un contenedor pequeño de 1.5 m<sup>3</sup>, rodante, que sea recogido por un vehículo recolector con el aditamento especial par dar servicio a contenedores. Por lo general como se ha descrito anteriormente nos encontramos aquí con los tambos de 200 litros que son pesados y en ocasiones deben transportarse manualmente haciendo lento el proceso de recolección, ya que si el municipio tiene recolección de acera los usuarios extienden el servicio a domiciliario mediante una propina a los trabajadores. Las opciones para agilizar las cosas son: a) el municipio exige por bando un contenedor de determinadas características para dar el servicio, b) el municipio suprime el servicio hasta el interior de los condominios, o sea da servicio de acera, c) a y b juntas.

En materia de contenedores para la recolección de sitios de gran generación los hay de diversos tipos y capacidades (de 1a 16 m<sup>3</sup>) y es necesario conocer las cantidades a recolectar y la frecuencia de recolección para dimensionarlos y determinar sus características y las del vehículo apropiado para retirarlo. Conviene que para el sitio donde se instalen él o los contenedores, se normen sus

características (como son accesibilidad, niveles de iluminación, acabados en materiales resistentes que permitan su lavado y desinfección eficientes, capacidad al menos al doble de la prevista según la frecuencia de recolección - para evitar que una deficiencia del servicio haga que se rebase el espacio - y extinguidores). Los recipientes deben ser resistentes al impacto, de fácil manejo, sin aristas afiladas, con tapa de preferencia y resistentes a la corrosión). Los de más de 8 m<sup>3</sup> se cargan con vehículos denominados roll off roll on.

En todo caso el municipio determinará el límite de su responsabilidad de recolección en volumen, después del cual cobrará una tarifa o bien dejará el asunto a la iniciativa privada pero establecerá controles a esta actividad.

La estandarización de un sistema de contenedores es útil en materia para la operación eficiente del mismo, el municipio puede al menos hacerlo con los contenedores propios.

Para los contenedores de la vía pública no hay una receta ya que son muy diferentes los comportamientos de la población según sitios, días, horas, fiestas u otros eventos. Lo que normalmente se hace es dimensionarlos según la experiencia de los encargados del sistema de limpia, cabe notar que en general en nuestras ciudades existe carencia de estos necesarios implementos.

### **9.3.2. Acciones para la reducción del volumen de los residuos en el almacenamiento.**

Este es un tema para campañas municipales, que puede redituarse enormemente en eficientar la recolección. Se trata que los residuos no sean depositados indiscriminadamente por los usuarios, sino compactados para que ocupen menor volumen y hagan más eficiente el compactado general de estos en el camión de recolección. En cuanto a los residuos orgánicos, es conveniente que éstos se manejen en pequeñas bolsas cerradas dentro de la bolsa de mayor tamaño.

En el caso que previamente demostrado por un estudio de factibilidad soportado en un estudio de mercado, se emprenda un proceso de reciclado de ciertos subproductos, las recomendaciones anteriores se acompañarán a las de separamiento de los mencionados subproductos. Es importante lo que se señala ya que muchos proyectos de reciclaje han fracasado por que el mercado es insuficiente para la producción de subproductos y el transporte no cubre el valor que se puede obtener por ellos. En la ciudad de Chicago se está llevando a cabo un proyecto de grandes dimensiones para el reciclaje de subproductos de sus residuos, que se apoya en que la separación que la población realiza en bolsas identificables, trataremos el tema más adelante, pero mencionaremos que se trata de un programa estudiado como un proyecto de inversión.

En Estados Unidos se cuenta en la mayoría de las casas con trituradores de fregadero, lo que unido a la gran cantidad de alimentos preprocesados cuyo consumo no genera residuos de alimentos o estos son mínimos, hace que los que

llegan al sistema de recolección y de disposición final son un 7%, contra un 32% a 37% de México. En el país se están instalando cada vez con mayor frecuencia estos dispositivos aunque todavía su uso es un porcentaje poco significativo, vale la pena evaluar si se generaliza su uso, si la afectación a la contaminación del agua residual doméstica, medida en la demanda bioquímica de oxígeno adicional que aportaría, no es un problema ambiental, más costoso que el de los rellenos sanitarios.

Como se ha comentado la cantidad de residuos orgánicos en algunos sectores de la población mexicana, tiende a disminuir al adoptar estos patrones de consumo que tienden a parecerse a los norteamericanos, sin embargo es dudoso que un cambio cultural en materia de alimentación, tenga en el país una variación importante en un plazo corto.

### 9.3.3. Acciones para el almacenamiento en lugares públicos.

Dotar de contenedores adecuados en diseño, número y localización a los espacios públicos. Es conocido el rezago en materia de dotación de contenedores o recipientes en las calles y parques y jardines públicos.

Educar a la población en el uso de los contenedores públicos y en la necesidad de mantener la limpieza de la ciudad. La población en general no ha recibido educación o en el mejor de los casos escasamente, en el sentido de que no se deben tirar residuos en los sitios públicos. Si a esto se agrega que en el país hay una elevada costumbre, de comprar, en puestos ambulantes, alimentos que se consumen caminando, se tendrá una ciudad que requiere para su aseo eficiente de una elevada plantilla de aseo público. La solución es evidente, invertir en educación ambiental, dotar de un número adecuado de contenedores públicos, reglamentar la operación de los puestos de comida.

En materia de educación ambiental, es indudable que hay que involucrar a las escuelas públicas y privadas y en la participación de los padres de los estudiantes, tratando de formar hábitos desde la infancia. La educación ambiental que realmente tiene resultados, no es la de impresionar a la gente con el problema del calentamiento del planeta o datos sobre la pérdida de especies animales o vegetales, aunque estos temas sean de indudable importancia. No sirve casi de nada, una educación exenta de la **formación de habilidades prácticas y costumbres ambientalmente adecuadas**, para una realidad económico social determinada, una educación que conduzca a prácticas ambientalmente adecuadas.

También es importante destacar que, si se proporcionan a los usuarios recipientes separados, por ejemplo en orgánica y no orgánica, esto obedezca a una real utilización de ese trabajo de separación primaria, vale decir esta acción debe ser parte de un proyecto de reciclaje donde se haya estudiado el mercado de los subproductos, y la tecnología del proceso a poner en práctica, como se explica más adelante en el apartado 9.6.. Existen casos en los que se proporcionan contenedores para almacenamiento clasificado y luego la gente observa la

incongruencia del retiro de los contenidos revueltos en la misma unidad recolectora, lo que produce un lógico descrédito del sistema municipal de limpia.

Hay municipios que han llevado a la práctica con éxito programas de limpieza con participación de la comunidad. Se puede citar el caso que el autor de esta tesis a observado en el Municipio de Tecamac, en el Estado de México, que cuenta con un programa denominado PILOM (Programa Integral de Limpieza Municipal), donde el Ayuntamiento proporciona una brigada que se rota pasando por 22 colonias, 12 pueblos pequeños y dos fraccionamientos. La brigada realiza trabajos de mantenimiento y pintura de banquetas y calles, la comunidad participa sembrando árboles (que se les proporcionan) y barriendo las calles, los árboles se asignan en su cuidado a vecinos que firman un documento de "adopción". El resultado es notable, con una inversión baja de recursos municipales.

#### **9.4. Estrategia para la recolección.**

Mejorar la recolección en cobertura, frecuencia y calidad del servicio, optimizando los recursos existentes (estudios de rutas) e incrementándolos mediante adquisiciones de equipo avaladas por un estudio, estableciendo estándares de servicio y un sistema de supervisión y control. Alternativamente mediante la introducción de la empresa privada como concesionaria, se puede cambiar la operación directa del servicio por el ayuntamiento por una de control de sus estándares.

Se plantean las siguientes acciones:

##### **9.4.1. Acciones para el sistema de recolección operado por el ayuntamiento.**

Optimizar los recursos de la recolección y planear inversiones dentro de un programa integrado para el sector.

Realizar un estudio por AGEB y sectores de ingreso de generación, composición, peso volumétrico in situ, poder calórico, cenizas, humedad, PH de acuerdo a normas. Los tres primeros conceptos son ineludibles para la planeación de la recolección los otros tienen que ver con las posibilidades del reciclado y tratamiento que se revisarán más adelante. Se requiere contar con cartografía en lo posible digital, de la ciudad que permita medir distancias de transporte, (ver apartado 10.2.4.).

Realizar un estudio de cantidades y tipos de camiones requeridos de acuerdo a la topografía, anchos de calles, tipo y frecuencia de recolección, determinando macrorutas y microrutas. (En caso de requerirse una estación de transferencia al ubicar el relleno sanitario fuera del umbral económico del transporte directo de los recolectores, es primero el estudio de localización de ésta), (ver apartado 10.2.5.).

Procurar de manera planeada la estandarización de marcas y tipos de vehículos, orientándose a los vehículos especializados en transporte de residuos municipales.

El costo tonelada kilómetro de los vehículos compactadores es incomparablemente menor que en vehículos de volteo.

Se debe partir de la base que el equipo de compactación diseñado para transporte de residuos sólidos es el más eficiente en costo tonelada kilómetro. Los camiones de volteo, que se usan en el movimiento de tierras, no pueden competir con los compactadores por efecto del bajo peso volumétrico de los residuos sólidos, menos aún camiones de redilas que deben descargarse manualmente o carretones de tracción animal que no alcanzan a transportar más de 500 kilos de residuos y que entorpecen la circulación de las calles.

La justificación de crear empleos, que frecuentemente se hace para justificar la inserción de procesos intensivos en mano de obra (en general, no sólo en la recolección de residuos), no puede ser aceptada sin un razonamiento de mayor profundidad. Sin duda los procesos de alta tecnología intensivos en capital, en un mercado globalizado son una tendencia cada vez mayor, aunque tecnologías intermedias se sostienen todavía, en países en vías de desarrollo por que introducen la ventaja comparativa de la mano de obra barata. Sin embargo las tecnologías obsoletas o atrasadas, difícilmente pueden plantearse hoy día: los costos de 10 carretones tirados por caballos y los problemas generados en su operación no pueden justificarse frente al empleo de un compactador, en el contexto de ciudades que quieren atraer inversiones (que si generen empleos bien remunerados) y ser competitivas en eficiencia.

En el Cuadro 33 del Anexo 1, se muestran varios equipos y se indican ventajas y desventajas de distintos tipos de camiones recolectores. Para adquirir equipos es deseable realizar un estudio para cada caso, buscando la estandarización de estos para facilitar el mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos.

Al plantearse una forma de separación de productos reciclables con participación de la población, se deberá decidir entre un sistema paralelo de recolección o un sistema basado en los propios camiones. Ambas soluciones han sido practicadas en ciudades de países desarrollados. La primera pepena realizada por trabajadores informales se sustituye en este caso por una actividad formal y permite un notable incremento de la productividad, se puede estudiar la inserción del personal ocupado por los choferes llamados "voluntarios" dentro de un sistema formal de reciclado o en el barrido municipal donde en general se tiene una baja cobertura.

Diseñar y poner en marcha el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades.

Diseñar controles y estadísticas mensuales de rendimiento (tonelada/empleado, toneladas recolectadas/capacidad de la flotilla etc.), para aportar estos datos a la base municipal y estatal de datos.

### **9.4.2. Acciones para el sistema concesionado.**

Elaborar bases y celebrar un concurso para introducir una o más empresas recolectoras privadas.

El parque actual de vehículos se puede tasar y vender a las empresas; incluso ésto puede formar parte del concurso.

El municipio puede quedarse con un parque reducido para atender situaciones especiales, o deshacerse de todo el equipo.

Parte del personal municipal puede ser recontratado por las empresas ganadoras del concurso y parte aplicado a otras tareas del municipio.

El municipio debe montar una organización de supervisión y control de las empresas recolectoras, para garantizar los estándares contratados en materia de tipo de recolección, frecuencia, calidad de atención, presentación del personal y de las unidades, etc. Control, que en todo caso, es más sencillo que el de decenas en algunos casos cientos de permisionarios.

Estudiar la factibilidad para la modificación de la Ley Orgánica Municipal para permitir el cobro del servicio de recolección a los usuarios. De hecho los usuarios de las zonas residenciales de medianos y altos ingresos, pagan por el servicio propinas a permisionarios o a los propios empleados municipales y si se piensa en cobros diferenciados por AGEB (áreas geoestadísticas básicas) según ingresos percápita, permite no gravar a quienes puede impactar este cobro.

### **9.5. Estrategia para la transferencia.**

Optimizar la operación de la flotilla de recolección mediante la introducción de la transferencia en los casos en que se justifique económicamente.

#### **9.5.1. Acciones para la transferencia.**

Como se observó en el diagnóstico, salvo algunas situaciones puntuales como la transferencia de las carretas de los permisionarios de Tultitlán que transfieren su carga a 4 unidades de transferencia y las dos estaciones de Tlanepantla que no operan, no se tiene transferencia en la zona de estudio. Sin embargo en el contexto de la implementación de los rellenos sanitarios regionales, que se han estudiado, es indispensable prever la transferencia lo que significa la realización de estudios de factibilidad. En el estudio del Ingeniero Jorge Sánchez (Sánchez, 1996, pg. 18 y 19), se establece el umbral económico, de 30 minutos, de recorrido de ida y vuelta de la zona de recolección al sitio de disposición final, después de los cuales se justifica desde el punto de vista económico la estación de transferencia este indicador permite visualizar los casos en que se requiere ordenar el estudio de factibilidad de la transferencia.

Los estudios que se proponen, deben considerar aspectos que están relacionados con decisiones en otras etapas del ciclo de los residuos. Uno de ellos es la decisión con relación a la industrialización de la separación de productos reciclables, ya que si se unen las instalaciones del reciclado automatizado con la de la transferencia se ahorra una maniobra y un viaje. El ideal es que un solo sitio epicéntrico de las zonas recolección sirva para la transferencia, para la separación industrializada y para el encierro de los camiones de recolección y las unidades de transferencia.

La tecnología de la transferencia debe estudiarse a la luz de la experiencia nacional e internacional. En el país se cuenta con una experiencia principalmente radicada en el Gobierno del Distrito Federal que opera 14 estaciones en las 16 delegaciones.

## **9.6. Estrategia para el tratamiento.**

Minimizar el impacto al medioambiente derivado de la generación de residuos y disminuir la explotación de recursos renovables y no renovables, mediante el incremento del reciclado de componentes de los RSM.

Se proponen las siguientes acciones:

### **9.6.1. Acciones para la selección de reciclables.**

En primer término se requiere realizar un diagnóstico - pronóstico de la industria del reciclado y del mercado que actualmente tienen sus productos y ésto constituye un estudio a realizar.

En segundo término se requiere estudiar y pronosticar el incremento de separación de reciclables aplicando programas de separación con participación de la población (domiciliaria y en sitios públicos), a partir de un conocimiento de los residuos que produce cada sector de la población. Vale decir se requiere estudios de composición por AGEB, (área geoestadística básica), para cruzar características socioeconómicas con composición de los residuos y delinear acciones para cada sector.

Se requiere una decisión sobre la tecnología de la separación de reciclados a utilizar, para lo cual se debe formular un estudio de factibilidad con alternativas tecnológicas. Las opciones tecnológicas se establecen en el almacenaje diferenciado, el transporte diferenciado y la separación industrializada.

Se requiere estudiar una serie de normas y reglamentos que apoyen el programa de reciclado, para lo cual hay una interesante experiencia (sobre todo internacional) que evaluar.

Promover por todos los canales de la educación formal e informal la conciencia del reciclado como una forma de cambiar nuestra relación con el medio ambiente.

### **9.6.2. Acciones para la producción de composta.**

La producción de composta a partir de los residuos orgánicos, a la luz de los fracasos que se han comentado en el diagnóstico, debe ser estudiada desde un nuevo punto de vista y bajo nuevas condiciones. La pregunta a responder es si el proyecto puede factibilizarse considerando el ahorro que genera en disposición final, si el municipio crea un mercado de composta a través de un programa de recuperación de suelos erosionados, si la separación de los residuos por parte de la población reduce de manera significativa los costos de la producción de la composta. Todo esto se puede resolver en un estudio que permita evaluar el peso de los distintos apoyos al proyecto.

El estudio Kokusai (1999) delineó para el D.F. un proyecto de planta de Composta para la cantidad conservadora de 253,000 Tons/Año para crecer a 424,000 Tons/Año entre 2002 y 2004 (fase 1) y 425,000 a 431,000 entre 2005 y 2010 (fase 2) de material de ingreso a la planta para producir entre 34,000 y 57,000 Tons/Año de composta en la fase uno y quedar en la fase 2 entre 57,000 y 58000 Tons/año. La preinversión (año 0 de 1999 a 2000) que calcula el estudio es de US \$3,959,000; de US \$1,345,000 en la fase 1 y de US \$1,334,000 en la fase 2 y considera gastos de operación en dólares / año de US \$33,000 en el año 0, de US\$ 1,185,000 a 1,334,000 durante la fase 1 y de 1,343,000 en la fase 2. (considerando el dólar a \$ 9.1 M.N.).

### **9.6.3. Acciones para la implantación de otros procesos.**

Otros procesos como incineración con o sin producción de energía, peletización (fabricación de un combustible sólido a partir de los residuos orgánicos), fabricación de metanol, tienen una discutible aplicación a nuestros residuos, sin embargo no pueden descartarse por completo, en la medida que nuevas tecnologías puedan abaratarlos y hacerlos viables. Por el momento, la generación de energía con unos residuos de capacidad calórica muy inferior a la de los países para los que se han diseñado los procesos de incineración es un primer obstáculo. Los RSM habitacionales tienen del orden de 3,200 Kg./Kcal., pero los de los servicios públicos sobre los 6,500.00 Kg/Kcal. No se conocen datos de poder calórico de residuos habitacionales diferenciados por zonas de la ciudad y sin duda se pueden identificar zonas con mejores valores que pudieran mejorar los índices de proyectos de incineración con generación energética. Los residuos de cenizas que alcanzan el 10% del peso de los residuos incinerados, afectan sin duda la factibilidad de estos proyectos; asimismo las emisiones a la atmósfera que se han minimizado en las incineradoras de tecnología avanzada han incrementado el costo de las inversiones.

Cabe señalar que la consultoría Kokusai en su plan maestro para el Distrito Federal (1999) no contempla la reedición de la experiencia de incineración que se llevó a cabo en la planta de San Juan de Aragón, que actualmente está cerrada y esto por que se considera que ni siquiera en el D.F. es en estos momentos factible desde el punto de vista económico.

La peletización o fabricación de un combustible sólido a partir de los residuos orgánicos requiere de desarrollos adicionales como son los hornos de lecho fluidizado, para su utilización en la producción de energía eléctrica. Por otra parte, **debe demostrarse su factibilidad para los RSM del país** y esta es la principal condición que deben cumplir los oferentes de tecnologías de tratamiento de RSM. Como acciones en esta materia, debe considerarse el promover la investigación y evaluación de nuevos procesos a nivel centros de educación superior con residuos representativos de distintos estratos de población del nuestro.

### **9.7. Estrategia para la disposición final de los residuos sólidos municipales de relleno sanitario (RSMRS).**

Realizar procesos de disposición final que salvaguarden la salud de la población y minimicen el impacto al medioambiente.

#### **9.7.1. Acciones para la disposición en rellenos sanitarios.**

Clausura y saneamiento de los sitios de disposición final que no cumplen con la norma mexicana, actualmente en operación. En cuanto a los pepenadores procurar su reinserción en el sistema de limpia del municipio.

Saneamiento de tiraderos abandonados o clausurados y asesoría estatal en este campo a los municipios.

Mejoramiento y establecimiento de los controles de inspección estatal y municipal para garantizar una operación de los sitios de disposición final dentro de las normas mexicanas. Donde no los hay elaborar proyectos de operación del sitio.

Estudios de localización y evaluación de nuevos sitios de disposición final en la orientación de los rellenos sanitarios regionales. Se ha demostrado que la economía de escala disminuye el costo por tonelada dispuesta y permite justificar mayores recorridos de transporte hacia el sitio. (Hairston, 1992, pg. 8, 9, 10, y 11 ). Para poblaciones que generan hasta 20 toneladas diarias se conoce el planteamiento del relleno sanitario manual, vale decir operado sin el auxilio de equipo mecánico salvo en la etapa de acondicionamiento y arranque.

Estudio de la concesión de la operación de los rellenos sanitarios.

Diseño de los controles municipales a la operación de los sitios concesionados.

En caso de operación municipal, establecimiento de estándares de rendimiento de la maquinaria y el equipo, tanto si es rentado, como de propiedad municipal.

Desarrollo de investigaciones en colaboración con instituciones de educación superior para el tratamiento lixiviados, manejo y aprovechamiento de biogas, cultivo de especies vegetales para consolidar los saneamientos y ornato, especies vegetales para franjas de amortiguamiento, etc.

Integración de una ficha de actualización periódica para integrar los datos del sitio para formar parte de la base de datos municipal, estatal y federal.

### **9.8. Estrategia de los residuos que no se destinan al relleno sanitario.**

Minimizar los efectos sobre el ambiente provocados por la disposición de los residuos industriales peligrosos y no peligrosos, salvaguardando la salud de la población y respetando la normativa vigente.

#### **9.8.1. Acciones para los residuos peligrosos.**

*Esta tesis no abarca a los residuos peligrosos, pero se mencionan para dirimir la frontera con los municipales. Cabe señalar que los residuos municipales producen en los rellenos sanitarios el lixiviado que es un residuo líquido peligroso y hasta en lo hogares se generan residuos peligrosos como son las baterías, medicamentos caducos, insecticidas y pesticidas lo que debe dar pie a normativas municipales para su correcto manejo por la población.*

Para conocer la generación de los residuos industriales se debe realizar una encuesta industrial como base para el diagnóstico de los residuos industriales peligrosos y no peligrosos constituyendo una base de datos a actualizar periódicamente para cada municipio, estado y acorde con las políticas y lineamientos de SEMARNAP. Se recomienda para esta encuesta recabar la experiencia internacional disponible (v.g. la encuesta de Lima, presentada en el Informe de validación del INVENT, en Benavides, 1994), y la experiencia de la Secretaría del Medioambiente Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto de Ecología en el levantamiento de los manifiestos de generación.

Se habla de revisar la experiencia internacional, ya que las ramas industriales estan estandarizadas, de tal manera que las encuestas industriales de México nos dan valores para los mismos rubros industriales que en otros países, por lo que los resultados son además fácilmente comparables, como se hace en estudio comparativo de 4 países latinoamericanos de la aplicación del INVENT y el sistema de evaluación rápida de la OMS-OPS (Durán Ana Luz, 1991). El ejercicio que resulta realmente interesante para un país es comparar los índices resultado de la mencionada con los índices de países por ejemplo los conocidos para Italia, Perú y Brasil (Benavides, 1994). Esta comparación dará un indicador de que tan limpia es la producción de un país con relación a otros. La encuesta puede dar porcentajes para la separación de los industriales peligrosos de los no peligrosos, cabe señalar que en los estudios que se mencionan no se resuelve este importante tema, *materia para una investigación específica.*

En México, las encuestas industriales aportan de manera bastante aceptable, el número de industrias, el personal ocupado y el valor de la producción de cada municipio. No se cuenta, y este es un problema general de todos los países especialmente los no desarrollados, con estadísticas confiables de los montos de

la producción cuya cuantificación es muy específica de cada rama industrial las unidades pueden ser pies cúbicos (madera), metros cuadrados (telas), toneladas (acero), litros (ácido sulfúrico), piezas (automóviles), pares (zapatos) etc. Por lo tanto la aplicación de índices por número de personal es la más factible y se puede combinar con la construcción de índices de producción los que darán resultados más certeros en las ramas donde se tenga mejor conocimiento de los montos producidos.

Esta encuesta, se recomienda que cuantifique por rama de producción los sólidos, líquidos, lodos y gases, que aunque involucra residuos que son materia de otros sectores, conviene para no duplicar esfuerzos concertar con ellos su diseño.

Constituir una base de datos municipal, estatal y federal de los residuos peligrosos.

Realizar estudios de localización de sitios para el confinamiento de residuos industriales peligrosos que den servicio a las regiones industriales del país, que cumplan con las normas vigentes (NOM-CPR-004/93) y bajo evaluación de impacto ambiental.

Hacer estudios de los residuos agropecuarios peligrosos, evaluando su situación actual y generando soluciones para su correcto tratamiento y disposición.

Controlar la correcta disposición de los residuos peligrosos habitacionales de pequeños comercios servicios y talleres como son: baterías de carros y pilas de todo tipo, medicinas caducas, pesticidas e insecticidas y algunos productos de limpieza (generalmente envases vacíos contaminados), mediante la disposición separada en bolsas especiales que los camiones de recolección puedan derivar a su tratamiento adecuado. El bando municipal puede reglamentar este proceso.

### **9.8.2. Acciones para los residuos industriales, de la construcción, comerciales y agrarios y habitacionales, no peligrosos, que no se destinan al relleno sanitario.**

La generación de los residuos no peligrosos que no se deben depositar en rellenos sanitarios, se puede conocer mediante el proceso que se muestra en el apartado 8.1.4. y el objetivo será la constitución de una base de datos municipal, estatal y federal de los residuos no peligrosos, que permita estudiar y realizar el tratamiento, aprovechamiento y disposición final ambientalmente adecuados.

Realizar un estudio del aprovechamiento de los residuos industriales, con vistas a promover el desarrollo de la industria de su reciclado y la implantación de procesos cada vez más limpios mediante apoyos, incentivos y normativa. Promover la complementariedad de los procesos industriales.

Realizar estudios de localización y evaluación de sitios para el confinamiento de residuos industriales no peligrosos.

Realizar estudios de localización y evaluación de sitios para la disposición de materiales de construcción para cada municipio o en casos que se considere adecuado de carácter regional.

Hacer estudios de los residuos agropecuarios - no peligrosos, evaluando su situación actual y generando soluciones para su correcto tratamiento y disposición.

Complementar la normativa de los residuos no peligrosos.

### **9.9. Estrategia para la participación de la población la industria y el comercio.**

Se trata de contar con una población que colabore con el sistema de limpia en la minimización de los residuos en el aprovechamiento máximo de los productos de consumo a través de su uso racional y apoyando los procesos de reciclaje.

Se plantean las siguientes acciones:

Educación ambiental para el consumo racional y aprovechamiento máximo de los productos de consumo de la población como son talleres de fabricación casera de papel, uso de empaques como aislantes en la construcción popular, fabricación casera de secadores solares para aprovechar excedentes de producción frutícola y hortícola en zonas rurales y rur – urbanas incluso urbanas, fabricación casera de composta entre otras ideas que forman parte de las llamadas ecotecnologías o tecnologías socialmente adecuadas. El termino socialmente implica que se deben tomar en cuenta los factores culturales de la población para la introducción exitosa de estas tecnologías.

Formación de hábitos para el almacenaje separado de los residuos al menos en tres categorías, *papel y cartón, resto de los reciclables y residuos restantes* (proyecto Chicago). Lo anterior como se ha comentado como parte de un programa integral donde se haya previamente resuelto todo el proceso de los reciclables a recolectar.

En su caso formación de grupos asociados en centros de acopio para la recolección de reciclables en una zona. Esto si se ha decidido no tener una colecta centralizada de los reciclables como parte del proceso de recolección.

Generar mediante todos los medios educativos formales e informales para todas las edades una conciencia de que la ciudad limpia es una responsabilidad de todos. Esto se debe apoyar con lo que se ha señalado en materia de contenedores públicos.

Generar programas de barrido, limpieza y ornato de la cuadra con participación de los vecinos y apoyo del sistema de limpia (programa PILOM, comentado en el diagnóstico de la recolección).

Generar acciones comunitarias con participación de escuelas y vecinos para la limpieza y saneamiento de barrancas y sitios de tiro clandestino de residuos con apoyo del sistema de limpia.

Crear organismos municipales con participación de organizaciones representativas de la comunidad, el comercio y la industria para analizar y organizar acciones en el subsector de los residuos sólidos.

Después de los estudios que se ha indicado que permitan conocer el problema de fondo de los empaques y embalajes industriales y comerciales concertar mediante apoyos y normativas y la participación activa de industriales y comerciantes proyectos para la minimización de estos.

Los apoyos fiscales, la generación de sellos de calificación ecológica y las normativas que favorecen el uso de determinados empaques y embalajes conviene que se implanten después de integrar el aporte de la comunidad empresarial y de la población a través de sus organizaciones y representantes.

## **10. CONSTRUCCIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMO PARTE DEL SISTEMA CIUDAD.**

### **10.1. Introducción.**

La proyección en el espacio de los fenómenos urbanos futuros constituye el principal producto de lo que se ha llamado planeación urbana física.

Los fenómenos físicos tienen tres dimensiones espaciales y una cuarta temporal y en la planeación urbana, normalmente, se simplifica el problema de la representación mediante cartografía en dos dimensiones espaciales, con referencias a la tercera mediante convenciones de la representación gráfica, como son curvas de nivel, simbologías sobre la altura permitida a elementos construidos, el uso de colores que nos permiten imaginar elementos hidrológicos, zonas boscosas, etc. Es lo Chadwick designa como *modelística analógica* y que permite al trabajar en dos dimensiones (2D) (Chadwick 1980, p. 65, 66) y facilita el uso de modelos matemáticos cuya construcción se simplifica enormemente al trabajar en un plano lo que no es plano, no solo por el relieve de los elementos físicos que constituyen un territorio natural o modificado por el hombre, sino además por la curvatura de la tierra.

### **10.2. El sistema espacializado de los residuos sólidos municipales.**

Los residuos sólidos, se presentan, en todos los usos del suelo de la ciudad. Aún más, si pensamos a nivel de los elementos o partes constitutivas de un edificio

Generar acciones comunitarias con participación de escuelas y vecinos para la limpieza y saneamiento de barrancas y sitios de tiro clandestino de residuos con apoyo del sistema de limpia.

Crear organismos municipales con participación de organizaciones representativas de la comunidad, el comercio y la industria para analizar y organizar acciones en el subsector de los residuos sólidos.

Después de los estudios que se ha indicado que permitan conocer el problema de fondo de los empaques y embalajes industriales y comerciales concertar mediante apoyos y normativas y la participación activa de industriales y comerciantes proyectos para la minimización de estos.

Los apoyos fiscales, la generación de sellos de calificación ecológica y las normativas que favorecen el uso de determinados empaques y embalajes conviene que se implanten después de integrar el aporte de la comunidad empresarial y de la población a través de sus organizaciones y representantes.

## **10. CONSTRUCCIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS COMO PARTE DEL SISTEMA CIUDAD.**

### **10.1. Introducción.**

La proyección en el espacio de los fenómenos urbanos futuros constituye el principal producto de lo que se ha llamado planeación urbana física.

Los fenómenos físicos tienen tres dimensiones espaciales y una cuarta temporal y en la planeación urbana, normalmente, se simplifica el problema de la representación mediante cartografía en dos dimensiones espaciales, con referencias a la tercera mediante convenciones de la representación gráfica, como son curvas de nivel, simbologías sobre la altura permitida a elementos construidos, el uso de colores que nos permiten imaginar elementos hidrológicos, zonas boscosas, etc. Es lo Chadwick designa como *modelística analógica* y que permite al trabajar en dos dimensiones (2D) (Chadwick 1980, p. 65, 66) y facilita el uso de modelos matemáticos cuya construcción se simplifica enormemente al trabajar en un plano lo que no es plano, no solo por el relieve de los elementos físicos que constituyen un territorio natural o modificado por el hombre, sino además por la curvatura de la tierra.

### **10.2. El sistema espacializado de los residuos sólidos municipales.**

Los residuos sólidos, se presentan, en todos los usos del suelo de la ciudad. Aún más, si pensamos a nivel de los elementos o partes constitutivas de un edificio

cualquiera es difícil imaginar un lugar donde no se generen residuos sólidos. Probablemente en el interior de la caja de cristal que guarda (ya como elemento histórico), la barra de platino e iridio, que tiene dos marcas que definen por arbitrio humano, una distancia que llamamos metro, en la oficina de pesas y medidas en Pont de Sevres, París, no se genera polvo. Puede decirse sin exageración que hasta en los terrenos baldíos, independientemente de que a menudo son, ilegalmente, usados como lugares para disponer ilegalmente residuos, se están generando hierbas y arbustos que en algún momento serán retirados y enviados a un sitio de disposición final o tratados mediante algún proceso. Esta es la primera constatación. Por esto el espacio de manejo de los residuos sólidos es, prácticamente, toda la ciudad y también fuera de ella las estructuras naturales modificadas por las actividades humanas generan residuos.

Los medios naturales, no intervenidos por el hombre, presentan procesos con aprovechamiento de sus residuos, vale decir que son una fábrica limpia, no es necesario en ella una actividad de recolección y disposición final de los residuos que se generan; esto se realiza mediante procesos de creación y destrucción altamente aleatorios, de vida y muerte de especies, que el hombre ha desechado, tal vez para siempre, como el marco de su existencia.

En la Gráfica 4 del Anexo 2 se muestran los elementos espaciales donde se realizan los procesos de los residuos sólidos y se indican sus relaciones de entrada - salida. Esto significa que en una ciudad estos elementos ocupan un espacio determinados a donde o de donde se llevaran o se retiraran los residuos en algún estado. Estos espacios se conectan entre sí mediante vialidades, por donde circulan los residuos siguiendo las flechas de que muestra la Gráfica.

### **10.2.1. Los residuos sólidos en la estructura urbana.**

La estructura urbana es la forma como se relacionan los usos del suelo mediante los flujos de personas, bienes, energía, información a través del soporte que proporcionan las vialidades. El conjunto de los usos y las relaciones establecidas a través de las vialidades es lo que podemos llamar sistema urbano (siguiendo la idea de estructura y sistema expuesta por Rolando García (1986 pg. 54).

El concepto de estructura corresponde en la definición que se ha aportado al de organización, aunque hay autores que prefieren que la organización se haga cargo de expresar sólo las relaciones entre unos componentes para que la estructura sea el conjunto de estas relaciones y tales componentes (Maturana y Varela, 1984, pg. 28), de esta manera, la estructura sería equivalente al concepto de sistema.

En la clasificación del uso del suelo de los programas de desarrollo urbano de las Delegaciones del Distrito Federal los espacios de los residuos sólidos aparecen considerados en por una parte en Infraestructura y por otra en Transportes Terrestres. En Infraestructura se tienen dos usos relacionados con los residuos sólidos que denominan "*Estaciones de Transferencia de Basura*" y "*Plantas de Tratamiento de Basura, Fertilizantes Orgánicos y Rellenos Sanitarios*" y en

Transportes Terrestres se incluye el uso "Encierros o Mantenimiento de Vehículos". Para cada uno de estos usos se norma la compatibilidad con las llamadas zonas secundarias tipo que son todos los tipos de zonas habitacionales, puras o mezcladas con comercios, servicios e industria, los subcentros urbanos, los centros de barrio, los corredores urbanos, los equipamientos, las áreas verdes y espacios abiertos, la industria vecina y aislada. El resultado es el siguiente:

El uso "*Estaciones de Transferencia de Basura*" aparece sujeto a licencia de usos del suelo, para todas las zonas secundarias tipo, el uso "Plantas de Tratamiento de Basura, Fertilizantes Orgánicos y Rellenos Sanitarios" se considera incompatible con todas las zonas secundarias tipo menos con las industrias vecina y aislada. En este último uso no debería incluirse al relleno sanitario ya que la norma NOM-083-ECOL-1996, lo excluye del área urbana al establecer una distancia mínima de emplazamiento de 3 kilómetros al sitio urbano más próximo.

El uso de "Encierros o Mantenimiento de Vehículos" se considera incompatible con los usos de vivienda excepto con la "vivienda industria mezclada y servicios", es incompatible con centros y corredores urbanos y con áreas verdes. Sólo se considera compatible con "Equipamiento de Abasto", "Equipamiento de Comunicaciones y Transportes" y "Equipamiento de Infraestructura" y "Industria Aislada e "Industria Vecina".

Las dificultades para localizar los elementos son fáciles de imaginar ya que es obvio que los propietarios y usuarios de los predios circundantes a cualquiera de estas instalaciones serán afectados en alguna medida por los efectos ambientales del tránsito de camiones de residuos y de las instalaciones para su manejo y por la pérdida de valor comercial de tales predios.

### **10.2.2. Los factores de la localización.**

La localización de los elementos tiene un aspecto de ingeniería de transporte que consiste en optimizar los aspectos económicos del transporte y por otra parte se encuentran los factores ambientales y los sociales. Para cada elemento se tratan más adelante la aplicación de estos factores en la metodología par localizar las instalaciones de los residuos sólidos.

### **10.2.3. Las vialidades.**

Se puede afirmar que prácticamente **toda** la estructura vial de la ciudad deberá soportar el tránsito de los residuos sólidos. De allí la importancia de considerar en la planeación de las vialidades esta carga de vehículos. A menudo, cuando se diseñan fraccionamientos, no se considera que con una periodicidad que puede ir de todos los días hasta 1 vez a la semana, en su menor frecuencia, deberá circular un camión que retirará los residuos y si el servicio de limpia no encuentra que las condiciones de circulación de sus unidades son adecuadas, deberá implementar un tipo de recolección que va en detrimento de la comodidad de los usuarios, como es el de esquina o el de contenedores.

La vialidad misma es un sitio de acumulación de residuos, que los transeúntes depositan en contenedores públicos y cuando su cultura cívica es escasa en las banquetas y arroyos vehiculares, de donde se deben recoger por el sistema de limpieza de la ciudad. Esto último plantea un problema a atender para el diseño de la vía y la planeación de los estacionamientos que se permitirán sobre ésta, para pensar por ejemplo en la alternativa del barrido mecánico. Esta actividad normalmente se planea en recorridos nocturnos para que no se tenga fricción con el tránsito diurno, sin embargo la factibilidad de que las máquinas operen con eficiencia dependerá de que se hayan considerado o no ciertos requerimientos de diseño para las vialidades y se pongan en práctica disposiciones para el estacionamiento nocturno. Por ejemplo la calle se desocupa de vehículos, en ambos lados y la barredora circula alternativamente por ellos, o se prohíbe el estacionamiento en un sólo costado y la máquina opera en el otro. Esto normalmente se realiza en México, en las zonas céntricas de las cabeceras municipales con las dificultades que puede representar el hecho de que el ancho de las calles en los centros históricos a menudo no es suficiente para una operación expedita del equipo, así mismo ocurre con los empedrados, que se conservan para preservar una imagen colonial, en algunos casos.

Un aspecto de importancia son los problemas viales que se puede tener a la salida y entrada de los vehículos de recolección de sus encierros (sitios de estacionamiento y mantenimiento de unidades) y de las estaciones de transferencia de los residuos, donde los residuos pasan de los camiones recolectores de 5 a 6 toneladas a cajas para trailer de 20 a 30 toneladas. Asimismo un tema de diseño vial se presenta al proyectar la circulación interna en estos encierros y plantas de transferencia y su conexión con la vialidad externa. Entre estos temas relacionado con el acceso a estaciones de transferencia se encuentra el diseño de carriles de desaceleración en estos accesos y las llamadas áreas de encolamiento.

El carril de desaceleración es la vialidad que permite un ingreso suave de la unidad a la estación de transferencia sin necesidad de detenerse completamente para realizar un viraje de 90 grados en un acceso. El carril de encolamiento es un propiamente un carril de estacionamiento de espera de turno de los trailers para ingresar al túnel de carga y se discute más adelante en esquemas de Lay Out de la transferencia. Ambos temas se abordan en el estudio de los esquemas de las estaciones de transferencia.

El ancho mínimo de los carriles para la circulación y estacionamiento de camiones recolectores es de 3.5 mts. y para las unidades de transferencia es de 4 mts. También es necesario conocer las especificaciones de viraje de las unidades, (ver Plano 5 en el Anexo 2). En el caso de las unidades de transferencia de 16.76 mts. de largo, el giro mínimo requiere un radio de voltear en el primer cuadrante del giro de 13.72 mts, y se amplía a 14.08 mts. al finalizar el recorrido del segundo cuadrante, ver Plano 6 del Anexo 3, (tomado de Sánchez, 1996, pg. 117).

Cuando se tienen plantas de tratamiento y/o recuperación para el reciclaje de los residuos sólidos, igualmente se tendrá un tránsito de vehículos, que ingresan los residuos sólidos como insumo y la salida de los productos a reciclar que se envían a las industrias que compran estos reciclables como insumos de procesos diversos. En México se dan distintos procesos de recuperación de productos reciclables, algunos, como se muestra en la Gráfica 4, se han calificado de no deseables debido a la forma en que se realizan son económicamente no rentables pero se efectúan por que están subsidiados por el organismo municipal, que acepta factores de ineficiencia del sistema. Tal es el caso de la pepena sobre los camiones de recolección, la pepena en plantas de transferencia (en la ciudad de México se ha erradicado) y en los tiraderos y/o rellenos sanitarios. Lo anterior genera un tránsito hacia lugares de acopio de los productos de la pepena y desde estos a lugares una conducción a las fábricas, arriba mencionadas que los usan como insumos.

Un tema de diseño vial debe ser abordado al proyectar la llegada y salida del sitio de disposición final y por supuesto en su circulación interna, aunque este evento debe producirse fuera de los límites urbanos de la ciudad en la práctica se tienen casos de municipios con tiraderos prácticamente fundidos con la mancha urbana.

En el Cuadro 33 del Anexo 1 se muestran los tipos de vehículos de recolección y transferencia que afectarían las vialidades de una ciudad los que deben ser considerados para decidir la especificación de los pavimentos y anchos de carriles que son adecuados, sobre todo en el caso de los camiones de transporte masivo que manejan los residuos desde las plantas de transferencia a los sitios de disposición final. Normalmente no se tiene en cuenta esta afectación, ya que la decisión de instalar una planta de transferencia es posterior al diseño y construcción de las vialidades escogidas por los operadores de la recolección como ruta para las unidades.

En el Cuadro 33 se indica la capacidad en metros cúbicos; la capacidad en toneladas cuando el vehículo no tiene mecanismo de compactación se obtiene multiplicando el peso volumétrico por el volumen de la caja. En el Cuadro 19 del Anexo 1 se mostró una tabla de los pesos volumétricos por fuente generadora estudiados por el D.D.F., para la ciudad de México. Un factor de peso volumétrico compactado usado en algunos textos (cuando se realizan cálculos sin estudios de campo), es de 450 Kg./M<sup>3</sup> (SEDUE, 1988, pg. 116), por lo que un camión compactador de carga trasera de 10 m<sup>3</sup> de capacidad cargará 4.5 toneladas de residuos compactados y uno de 20 llegará a transportar 9 toneladas.

El diseño de las macrorutas y microrutas del sistema de recolección, cuyo procedimiento de cálculo se discute más adelante, y las decisiones de localización de los encierros, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y/o reciclaje, centros de acopio, industrias recicladoras y sitios de disposición final darán por resultado un tráfico vehicular que debe sumarse a las otras aportaciones que reciben las vialidades.

La localización de los elementos del sistema no es fácil debido a que la gente, en general, tiene una relación contradictoria con el proceso de los residuos sólidos, por una parte desea que este servicio sea lo más frecuente y eficiente posible y por otra rechaza la proximidad de sus instalaciones al sitio de su vivienda, por las consecuencias que estas pudieran en materia de contaminación visual, olfativa, de vectores de infección y de desvalorización de su propiedad, lo que impone la búsqueda de sitios con el menor contacto posible con zonas residenciales y que el diseño y la operación minimicen los impactos con el entorno.

En caso de haber transferencia se tendrá un flujo de camiones tipo trailer, con cargas de entre 20 y 30 toneladas de residuos, más el peso propio de la unidad para conducir los residuos al sitio de disposición final. Las cajas más comunes de unidades de transferencia en el Distrito federal son de 70 m<sup>3</sup> y carecen de mecanismo de compactación. Una unidad con una caja de esta capacidad tiene dependiendo del vehículo tractor entre 16 y 17 metros de longitud y un PBC (peso bruto cargado) de 54 Tons. (Sánchez, 96, pg.129 a 135). Tal vez, este aspecto no ha sido siempre debidamente evaluado en el diseño de vías rápidas adoptadas por este tipo de vehículos, tal es el caso de algunos ejes viales del Distrito Federal, que son usados para tránsito diario de vehículos de transferencia, que sin duda fueron diseñados para el soporte de vehículos pesados, pero no así para la frecuencia de paso de estos, en algunas rutas de transferencia. Esto ha provocado que las reposiciones de carpeta tienen ciclos muy cortos y generan obras con el consecuente entorpecimiento del flujo vehicular. En estas vialidades valdría la pena estudiar desde el punto de vista económico la alternativa del concreto hidráulico y el pavimento asfáltico.

Otro problema de la circulación de los residuos por las vías de la ciudad son los vertidos accidentales de estos. Este problema se produce por efecto del transporte inadecuado de reciclables sobre las unidades de recolección, deficiente sistema de sellado de las cajas de transferencia que permiten vertido de líquidos cuando los residuos que se transportan contienen un exceso de agua por haber sido expuestos a la lluvia, transporte en cajas abiertas sin una lona de protección o con deficiente sujeción de esta etc. Estos problemas se solucionan mediante la implantación de normas estrictas de transporte de los RSM.

Los residuos sólidos circulan por las vialidades en una ciudad según las restricciones dimensionales y de estas y del uso que para ellas se establece según su tipo (autopistas, vías de acceso controlado, primaria, colectora, secundaria, local). En el Cuadro 34 del Anexo 1 se muestra una tabla comparativa de 4 normas para cada tipo. La lectura de la tabla muestra la dificultad de establecer la definición y la frontera entre los tipos. Haremos una definición general de tipos de vialidades y señalaremos su utilización por el sistema de recolección. Se introduce dentro de los tipos el eje vial, que es un tipo de vialidad que forma parte del sistema vial del Distrito Federal y que normalmente se considera como vialidad primaria pero puede describirse como un tipo aparte. En el Cuadro 34 se habla de la vialidad colectora ubicada entre la primaria y la secundaria, también es difícil en este caso sostener la necesidad de tal clasificación.

## **Autopistas.**

Vías de alta velocidad, con acceso controlado, que comunican las ciudades. No deben ingresar a las ciudades (libramientos).

Los residuos sólidos que se transportan a los sitios de disposición final pueden hacer uso de las autopistas circulando preferentemente por la derecha. Si el sitio de disposición final se distancia a más de 30 minutos de viaje de ida y vuelta de la zona de recolección al relleno sanitario empezará a justificar la transferencia dentro de ciudad a camiones de mayor tonelaje y en caso de contar con autopista circularán por la derecha a una velocidad máxima que debe definir la administración del sistema. En la ciudad de México, las unidades de transferencia de 70 m<sup>3</sup>, sin compactación que transportan 20 Tons. aproximadamente (285.7 Kg./m<sup>3</sup>) que salen a autopista para disponer en Santa Catarina, tienen permitido circular a una velocidad máxima de 80 km./hr., por esa vía y se les controla mediante vigilancia satelital y de comunican a una central de radio.

## **Vías de acceso controlado.**

Estas son vías de circulación continua dentro de la ciudad por lo tanto no tienen semáforos y donde el acceso y la salida se da mediante carriles de amortiguamiento. En el caso de la ciudad de México se pueden citar como ejemplos el anillo periférico en gran parte de su traza, el del viaducto Miguel Alemán entre otras.

Para estas vías normalmente se restringe el tránsito de camiones de transporte de carga y pasajeros, tanto público como privado a horarios nocturnos y en el día a las laterales donde la circulación es en general lenta. Pueden ser utilizadas si se tiene operación en horarios nocturnos, (es deseable por ejemplo concertar con los centros de gran generación la recogida de contenedores en turno nocturno). La restricción de velocidad para las unidades de transferencia por estas vías es, en el caso del D.F., de 60 kilómetros por hora.

## **Ejes viales.**

Los ejes viales y las avenidas principales arterias destinadas al tráfico de larga distancia en la ciudad. Tienen circulación en un sólo sentido salvo en algunos casos un carril de circulación contraria para transporte público. Una serie de estas vías fueron construidas en el Distrito Federal durante el periodo sexenal de 1976 a 1982. Tienen un mínimo de semáforos coordinados mediante un sistema automatizado. Son escogidas como preferentes para el traslado de las unidades de recolección desde el encierro hasta la zona de recolección y desde esta hasta la estación de transferencia, o en su caso como vía al destino de disposición final y desde este nuevamente al sitio de recolección o finalmente al encierro. Las unidades de transferencia circulan también preferentemente por estas vías con destino a los sitios de disposición final, con restricciones de velocidad máxima de 60 Km. por hora.

### **Vialidades primarias.**

Las vialidades primarias son avenidas que conectan dos o más colonias de una ciudad, su circulación es normalmente en ambos sentidos *con camellón central* y son generalmente corredores comerciales. En estas avenidas se requiere restringir la circulación de los camiones de recolección y las unidades de transferencia a lo estrictamente necesario para salir a las otras vías e incluso en algunos casos críticos impedirse y la recolección debe programarse fuera del horas pico.

### **Vialidades secundarias.**

Estas son alimentadoras de las primarias deberán servir para el tránsito de vehículos de recolección ya sea para entrar o abandonar la zona de recolección o para realizar la recolección en la misma vía.

### **Vialidades locales.**

Las vialidades locales se encuentran dentro de las zonas predominantemente habitacionales. Deberá estudiarse si sus características mecánicas resisten el peso de los vehículos de recolección, así mismo los radios de giro y la pendiente para decidir el tipo de recolección que se usará.

## **10.2.4. La recolección, cálculo y fenómeno espacial.**

### **El estudio básico de generación.**

Para los estudios de recolección se requiere conocer la generación de residuos y su proyección. Los estudios que se hacen para esto se basan en la norma que se ha descrito en 6.6. Normalmente se toman tres estratos de población (alto medio y bajo) para la realización de las encuestas y los resultados se promedian para obtener un valor de generación per cápita. Este valor así obtenido se multiplica por un factor para considerar la generación por fuentes no habitacionales. El índice así obtenido se multiplica por el total de los habitantes de la ciudad y se proyecta a futuro como se ha comentado en 8.1.3. y luego se multiplica por la población futura calculada por algún procedimiento de proyección.

Esta forma simplificada que forma parte del alcance de los estudios que se han realizado en distintos estados de la República (v.g. los citados en el Cuadro 12), incurre en fuertes imprecisiones, por no tomar en cuenta las posibilidades que ofrece el AGEB como instrumento de planeación. Lo que se quiere destacar es que con un poco de inversión adicional en trabajo de campo, se puede obtener una precisión mucho mayor. Por ejemplo en ninguno de los estudios mencionados se han usado los AGEB para calcular lo ingresos per cápita y la valoración de los sectores de alto medio y bajo no tiene sustentación. Se propone el siguiente proceso de cálculo:

En el Censo general de población y vivienda de 1990, INEGI consideró 8 categorías de salarios y mediante un estudio estadístico posterior INEGI determinó un estimado de valor para cada categoría como se presenta en el Cuadro 35 :

#### CATEGORÍAS DE INGRESO SEGÚN EL CENSO DE 1990

CONCEPTO DE LA ENCUESTA	ESTIMADO	OBSERVACIONES
HASTA EL 50% DE 1 S.M.	0.67	(INEGI EN SU MUESTRA ESTIMO ESTE VALOR PARA EL RANGO
MÁS DEL 50% Y MENOS DE 1 S.M.	0.67	COMPRENDIDO ENTRE 0 Y 1 S.M.M.)
1 S.M.	1	
MÁS DE 1 S.M. Y HASTA 2 S.M.	1.38	
MÁS DE 2 S.M. Y MENOS DE 3 S.M.	3.06	(INEGI EN SU MUESTRA ESTIMÓ ESTE VALOR PARA EN RANGO DE 2 A 5 S.M.M.
DE 3 S.M. A 5 S.M.	3.06	
MÁS DE 5 S.M. Y MENOS DE 10 S.M.	15.9	(INEGI EN SU MUESTRA ESTIMÓ ESTE VALOR PARA EL RANGO
MÁS DE 10 S.M.	15.9	DE MÁS DE 5 S.M.M.)

**Cuadro 35**

Fuente: INEGI, Censo general de población y vivienda de 1990.

No se contempló el levantamiento de esta información para el Censo de 1995, sin embargo se pueden usar los valores de 1990 para categorizar los AGEB por ingresos suponiendo que se ha mantenido, hasta no contar con un nuevo censo. Para un AGEB se puede calcular los ingresos per cápita multiplicando la PEA ocupada por cada una de las categorías de salario mínimo señaladas en el cuadro 35 (usando los promedios estimados por INEGI) y sumando los valores que se obtengan se tendrá el total de salarios mínimos percibidos por la población ocupada del AGEB, valor que se divide por la población total del AGEB teniendo entonces como resultado los salarios mínimos por habitante. Vale decir hemos repartido entre la población que labora y la que no labora del AGEB el total de los ingresos obtenidos por los que laboran en el mismo.

A continuación se puede categorizar los AGEB de una ciudad en los tipos que se estime conveniente de acuerdo a la variabilidad de los ingresos, por ejemplo en tres o cuatro tipos. Esto se puede valorar mediante el análisis de la desviación estándar y la varianza de los datos. El estudio encuesta domiciliaria de generación se hará por esos tipos para calcular un índice de generación por cada uno de ellos que se multiplicará por la población de los AGEB de dicha categoría.

Sea  $P_{i1}$  la población de un AGEB  $i$  del un estrato de ingresos 1, de tal forma y  $i$  varía de 1 a  $n$  según los AGEB que de esa categoría existan y se tendrá entonces que la generación de residuos sólidos habitacionales de la ciudad dividida en 4 sectores de ingresos es la suma siguiente:

$$G_{TH} = G_1 \sum_{i=1}^{i=n1} P_{i1} + G_2 \sum_{i=1}^{i=n2} P_{i2} + G_3 \sum_{i=1}^{i=n3} P_{i3} + G_4 \sum_{i=1}^{i=n4} P_{i4}$$

En donde:

$G_{TH}$  = generación habitacional total

$G_i$  = generación per cápita del sector  $i$  de ingresos

$P_{i1}$  = población del AGEB "i" del sector 1

$n_i$  = número de AGEB del sector de ingresos  $i$

Ver Gráfica 12 del Anexo 2 (a modo de ejemplo) donde se indica que una zona de ingresos puede presentarse topológicamente desagregada en la ciudad.

Para calcular los residuos no habitacionales de relleno sanitario se propone:

Para calcular los residuos de la industria realizar una encuesta por rama de producción importante en el municipio o delegación y estimar el total. Esta es una encuesta que debería hacerse a nivel estatal, de tal forma de tener índices de producción de residuos de las industrias dentro de las cuales los de relleno sanitario no son más que un tipo de los industriales no peligrosos.

Por otra parte conviene realizar un levantamiento separado de los camiones municipales (del sistema de limpia de la entidad) y no municipales midiendo su capacidad en peso y volumen y número que recibe el sitio actual de disposición final. Un cálculo que se realiza normalmente, como ya se ha señalado, es el de multiplicar el volumen del camión por un estimado de peso volumétrico de residuos compactados, por ejemplo  $450 \text{ Kg/m}^3$  sin embargo para un estudio más fino es conveniente pasar al menos un camión de cada tipo cargado por una báscula y descontar el peso de catálogo del vehículo.

Realizar una encuesta en todos los sitios de gran generación como centrales de abasto y mercados.

Considerar la producción del equipamiento en base a índices conocidos por empleado, espectador etc. Como los que se presentaron en el Cuadro 11.

Como se ha demostrado en 8.1.2. la generación no habitacional tiene una correlación débil con la población de distintas ciudades, con una  $r$  cuadrada de 0.38 para la lineal y de 0.39 para la logarítmica, esto no quiere decir que para los valores de una población en crecimiento no pueda mantenerse una relación. Normalmente lo que se hace en los estudios de generación futura es suponer que la relación existe y se suma el índice de generación habitacional y el no habitacional y se proyectan al futuro con un índice de incremento con todas las dificultades del caso para estimar el incremento. Un recurso es tratar de obtener valores históricos de generación y población en el municipio o delegación y ver como se ha movido la generación per cápita.

### **Cálculos para definir el número de camiones de recolección.**

Como uno de los objetivos de esta tesis es mostrar la forma de dimensionar los elementos del sistema de limpia que intervienen en la ciudad, expondrá el proceso

para calcular en número de camiones que se requieren para un volumen de generación de residuos dado y las condiciones de operación que el municipio establezca de acuerdo a los requerimientos de su comunidad a atender.

A continuación se muestra el proceso de cálculo heurístico para dimensionar una flotilla de una ciudad. Para términos de planeación del encierro de camiones este tipo de cálculo es adecuado. Para la decisión de compra de unidades puede tenerse la complejidad de la combinación de distintos tipos de unidades, por contar el municipio con estos en su flotilla, tipos de recolección y frecuencias. Aún se puede aplicar el mismo proceso, recurriendo a valores promedio o aplicando la fórmula con el número de casas o habitantes como incógnita, conocido el número de camiones por tipo, verificando en este caso, para cada uno de estos tipos de camión la cantidad teórica de viviendas que se cubre.

## 1. Se define el número de camiones de recolección.

### A. Método heurístico.

#### 1. Cálculo del número de zonas o macrorutas.

$$N = (G \cdot P \cdot Fe \cdot C \cdot f) / (n \cdot Cv \cdot dh)$$

$$Nz = N / Fe$$

$$Cv = Vc \cdot Pv$$

$$u = N \cdot Cv \cdot f / Hc \cdot G$$

$$U = Dh \cdot u$$

Donde

**N** = N° de camiones

**Nz** = N° de zonas

**Cv** = Capacidad en kg. Por camión

**u** = Viviendas atendidas por camión en un día de recolección

**U** = Viviendas atendidas por camión

En una semana de recolección

Y

**G** = Generación de residuos en Kg./Hab/Día.

**P** = Población de diseño del sector en habitantes

**Hc** = Promedio de habitantes por vivienda

**n** = Número de viajes promedio por unidad en la jornada

**Cv** = Capacidad del vehículo en kg.

**Vc** = Capacidad volumétrica del camión en m<sup>3</sup>.

**Pv** = Peso volumétrico compactado en kg./m<sup>3</sup>.

**Dh** = Días hábiles de recolección (son 6)

**Fe** = Factor de estado de los vehículos

**C** = Factor de cobertura

**R** = Rendimiento del personal en Kg./hombre/hr.

**f** = Frecuencia de recolección

El factor n, número de viajes por turno normal de trabajo se calcula como sigue:

$$Tt = Tg + Tgr + Trg + n(Tr + 2Trr + Tm) - Trr$$

de donde

$n = (Tt + Trr - (Tg + Tgr + Trg)) / (Tr + 2 Trr + Tm)$   
 $Tr = (t'r + tr)u$   
**Tt** = Duración del turno o tiempo hábil por día  
**n** = Número de viajes en turno normal de trabajo  
**Tg** = Tiempo de preparación en garage  
**Tgr** = Tiempo de traslado del garage al inicio de la ruta  
**Trg** = Tiempo de traslado del final de la ruta al garage  
**Tr** = Tiempo de recolección  
**t'r** = Tiempo de carga por parada  
**tr** = Tiempo de transporte corto  
**Trr** = Tiempo de la ruta al relleno o a la estación de transferencia  
**Tm** = Tiempo de pesaje, descarga y transporte interno  
 En relleno o estación de transferencia

### Caso de 600,000 habitantes

**G** = 0.80 Kg./Hab./Día  
**P** = 600,000.00 Habitantes  
**Hc** = 5.50 Hab./vivienda  
**n** = 2.00 N° de viajes promedio día  
**Dh** = 6.00 Días  
**Vc** = 12.00 M<sup>3</sup>  
**Pv** = 450.00 Kg./m<sup>3</sup>  
**Dh** = 6.00 Días  
**Fe** = 1.10 (se afecta por un 10%)  
**C** = 1.00 (se considera el 100%)  
**R** = 425.00 Kg./hombre/Hr:  
**Tj** = 8.00 Hr:  
**f** = 0.43 3/7 Días

**Cv** = 5,400.00 Kg.  
**N** = 57 Camiones  
**Nz** = 52 Zonas  
**u** = 1052 Casas/camión/día  
**U** = 6312 Casas/camión/semana

Número de zonas **52**  
 Número de camiones **57**  
 Número estimado de casas **109091**

## 2. Cálculo del personal requerido para cubrir el servicio

### 2.1. Personal de recolección y choferes

$$Nr = n * Cv / (R * Tj)$$

Donde

Nr = Número de personas por camión

Nr = 3.18 Por camión (se consideran 3)

Chofer = 1 Por camión

	Personas Zona	Reemplazo 5%	Total
Recolectores	156	8	163
Choferes	52	3	54

## 2.2. Empleados de planta por sector de recolección

Se consideran dos unidades una de 28 y otra de 27 camiones. Una regla de la experiencia, conocida es de 25 camiones por encierro de camiones para atención de un sector (SEDUE, 1992).

Jefe de logística	1
Empleados de operaciones	2
Jefe de taller	1
Mecánicos	4
Secretaria	1
Auxiliares de limpieza	4
<b>Total por una unidad</b>	<b>13</b>
<b>Total por dos unidades</b>	<b>26</b>

En una de las dos unidades se ubica la dirección:

Jefe del sistema de recolección	1
Contador	1
Auxiliar de contabilidad	1
Encargado de adquisiciones	1
Jefe de personal	1
Asistente de personal	1
Secretaria	1
<b>Personal de dirección</b>	<b>7</b>
<b>Total de empleados en el encierro</b>	<b>33</b>

La ciudad se divide en sectores de acuerdo a la lógica de accesibilidad desde un lugar o encierro, donde partirán los camiones y que tenga entre 25 a 50 unidades. Cada sector se divide en zonas a atender por un camión.

Los valores de rendimiento que se han utilizado corresponden a los del texto de SEDUE, 1988, y se deben ajustar con el conocimiento de una situación específica y que da la experiencia de operación de un sistema, en una ciudad con una topografía, clima y factores de rendimiento: bajo, medio y alto.

Otro método de evaluación del número de camiones se conoce como el método determinístico, que utiliza la programación lineal para la optimización de la función objetivo:  $\sum C_i \cdot X_i$ , donde  $C_i$  es el costo horario de cada tipo de camión usado y  $X_i$  el número de éstos vehículos. La minimización de esta función bajo ciertas restricciones es un tema conocido de la ingeniería del transporte de residuos sólidos (SEDUE, 1988, pg. 118 a 121) y (SEDESOL, 1997, pg. 20 a la 25)

Para resolver el problema de diseño de la ruta que conviene que el camión recolector siga en su zona (microruta), se utiliza también un método heurístico y son conocidos dos métodos determinísticos uno llamado el del "cartero chino" y el otro el de Little o "problema del agente viajero". (para una exposición detallada de estos se puede consultar a Sánchez 1993, pg. 95 a 105 o SEDESOL 1997, pg.27 a la 48.)

## **El espacio requerido para el encierro de los camiones.**

El encierro de camiones que recomienda la experiencia, es de 25 a 50 unidades si esta es lo suficientemente grande (SEDUE; 1992, pg. 110), de mayor tamaño implica recorridos demasiado prolongados a las zonas de recolección más alejadas. En el Cuadro 36 del Anexo 1 se presenta un estudio de las áreas que se requieren para un encierro de 25 unidades, suponiendo las instalaciones en una planta y en el cuadro 37 se hace un estudio de los requerimientos de áreas para un encierro de 12 camiones para mostrar el escalamiento hacia abajo de los requerimientos por unidad de recolección para el caso de una ciudad pequeña. En el primer caso resulta ser de 179.36 m<sup>2</sup> y en el segundo de 126.99 m<sup>2</sup>.

En los Planos 1, 2, 3 del Anexo 3, se muestra un ejemplo de organización espacial con base en estos programas de áreas, el indicador por unidad oscila de 120 a 180 metros cuadrados por unidad recolectora en cifras redondas.

## **Localización del encierro de los camiones.**

Varios problemas afectan o son condicionantes de la localización del encierro de los camiones. En primer término se debe tener en cuenta lo dispuesto por el programa de desarrollo urbano en su normativa de usos lo que se ha comentado más arriba en el apartado 10.2.1., "Los Residuos Sólidos en la Estructura Urbana".

El otro criterio a considerar es el de la economía del transporte y una primera consideración en este sentido es que si debe haber estación transferencia el lugar ideal del encierro es junto a esta ya que se ahorra el viaje de la estación al encierro al realizarse la última entrega.

Los elementos que condicionan la localización son:

- Localización epicéntrica a la generación en términos de masa y distancia.
- La topografía de la zona que favorezca el acceso y salida de las unidades, no olvidando que las pendientes excesivas ocasionan un desgaste rápido de las unidades y generación de combustión incompleta y como consecuencia contaminación.
- La existencia de vías rápidas que comuniquen bien la zona con los distintos lugares a los que irán las unidades.
- La valoración del tráfico por las vías óptimas de una localización para que los camiones accedan a la zona de reparto y viajen del sitio de disposición final al encierro.
- Disponibilidad de un terreno suficientemente amplio y que no generen conflictos con los vecinos. La amplitud del terreno permitirá realizar cortinas verdes de

- amortiguamiento carriles de desaceleración de entrada y salida y minimizará el impacto con los vecinos.

La metodología de localización de la estación de transferencia, como un lugar epicéntrico de la recolección, desarrollada por el ingeniero Jorge Sánchez (Sánchez, 1996, pg. 38 a la 85), es válida para la localización del encierro. Esta metodología se discute a continuación en 10.2.5.

### 10.2.5. La transferencia.

La transferencia es el transbordo de los RSM, de los camiones de recolección a camiones de mayor capacidad con objeto de abatir costos de transporte cuando los recorridos de la zona de recolección al sitio de disposición final lo ameritan. En un estudio de costos realizado sobre la base de un camión de recolección de carga trasera y un trailer de 20 Tons. que se presenta en el texto de J. Sánchez (1996, pg. 215), se determinan los siguientes valores:

COSTOS DE LA TRANSFERENCIA Y LA RECOLECCIÓN		
Concepto	Valor	Unidad
Costo de operación de la transferencia	1.01	US \$/Ton.
Amortización de la inversión de la estación	0.1	US \$/Ton.
Total operación – inversión	1.11	US \$/Ton.
Costo de transporte vehículo de transferencia	0.005	US\$/ton/min.
Costo vehículo de recolección	0.042	US\$/ton/min.
<b>Cuadro 38</b>		
<b>Fuente: Sánchez 1996</b>		

Las funciones de costo de los camiones son:

$$f(x) = 0.042x$$

$$f(x) = 1.11 + 0.005x$$

Son un sistema que se satisface en el punto (30 , 1.26), vale decir a los treinta minutos el transporte en el camión de recolección y en el vehículo de transferencia (con el costo de transferencia incluida) han costado 1.26 US \$ y de allí en adelante habrá un diferencial de costo en favor del vehículo de mayor capacidad de 0.037 US \$/Ton - minuto. Por lo que se puede considerar este como un umbral útil para fines de planeación que debe revisarse con el tipo de vehículos con que se cuente en cada caso. Ver Gráfica 13 del Anexo 2.

### Tipos de estación de transferencia.

Las estaciones de transferencia se clasifican en:

De descarga directa

De descarga indirecta

De descarga mixta (directa e indirecta)

## **Descarga directa.**

En estas estaciones se traspasan o descargan los residuos directamente, por gravedad, del camión de recolección a la caja del trailer. Esto requiere que la caja sea abierta y no se compactarán los residuos. Cabe señalar que los residuos habían sido compactados anteriormente en el camión de recolección y perderán una parte de la compactación. La capacidad de las cajas abiertas varía entre 20 a 25 toneladas. El proceso que se sigue es el siguiente el vehículo de recolección es pesado a la entrada de la estación, subirá por una rampa a un patio que conviene que esté techado, dentro del patio se dirige a las líneas de servicio que consisten en tolvas donde descargarán los residuos. Es necesario que bajo la tolva se encuentre el vehículo de transferencia. Luego el vehículo de recolección se dirige a la salida donde es pesado nuevamente para obtener el peso de la carga por diferencia. En el Plano 4 del Anexo 3, se muestra esquemáticamente el Lay Out de una planta de este tipo (desarrollo propio con referencia a Sánchez 1995, pg. 22 y 23). En el cuadro 39 se presenta un programa de áreas. El estudio de los requerimientos para estacionamientos se presentan en el Planos 5 y en el 6 del Anexo 3 se analiza el giro de una unidad de transferencia de 16.76 metros de largo. Cabe señalar que el proyecto dependerá del tipo de camiones con que se cuente en cada caso, las unidades recolectoras (diseñadas para transporte de residuos) que más se usan en México tienen largos de que varían de 7 a 8 metros con anchos de 2.4 metros y las unidades de transferencia varían de 16 a 18 metros con anchos de 2.40 a 2.60 metros en cifras redondas.

El programa de la estación de transferencia es deseable de que cuente con un terreno amplio que permita la introducción de amplias áreas verdes con cortinas de árboles en su perímetro. La amplitud del terreno permitirá por otra parte que el encolamiento en horas pico no entorpezca las vías de acceso y adicionar elementos como patio de descarga de reciclables. Esto último puede ser de utilidad para incentivar a comercios y empresas a enviar reciclables, que les reporten ingresos para abatir los costos de la recolección y transferencia de hecho así se realiza en algunas estaciones de transferencia del D.F.

La estación que cuyo Lay Out se presenta en el Plano 4, considera que los camiones y unidades de transferencia tienen sus propios lugares de estacionamientos o encierros lo que normalmente se tiene en sistemas de recolección y transferencia concesionados. Si los camiones de recolección y transferencia son del municipio o delegación conviene que el encierro este integrado a la estación ya que se ahorran movimientos de traslado. El taller de reparaciones puede ser también una concesión. En definitiva el programa de la estación depende de decisiones previas con respecto al manejo del servicio de limpia.

<b>ÁREAS DE UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA CON DESCARGA DIRECTA</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>ÁREA (M<sup>2</sup>)</b>
<b>ÁREAS A CUBIERTO</b>	
PATIO DE DESCARGA PARA 16 RECOLECTORES	3157.44
PATIO DE CARGA PARA 4 U. DE TRANSFERENCIA	873.6
TALLER PARA 4 FOSAS	414
OFICINAS Y AULA DE CAPACITACIÓN	111.72
ALMACÉN DE RECICLABLES	100
CASETA DE VIGILANCIA	12.96
<b>TOTAL CONSTRUIDO</b>	<b>4669.72</b>
<b>OCUPACIÓN DE SUELO</b>	<b>3796.12</b>
<b>ÁREAS EXTERIORES</b>	
PATIO DE LAVADO	692.48
PATIO DE RECICLABLES	848.58
PATIO DEL TALLER	1718.9
CANCHA DE BASQUETBOL	364
CALLES Y BANQUETAS	5985.72
JARDINES	10900.68
<b>TOTAL ÁREAS EXTERIORES</b>	<b>20510.36</b>
<b>ÁREA DEL TERRENO</b>	<b>24306.48</b>

Cuadro 39

Fuente: Desarrollo propio

### Descarga indirecta.

En este tipo de estaciones los camiones de recolección descargan los residuos en una fosa de descarga y de allí mediante un equipo de cargadores frontales u otro equipo de movimiento de material (grúa almeja por ejemplo), se cargará el vehículo de transferencia. El proceso es similar al anterior en cuanto al pesaje a la entrada y la salida lo que cambia (favorablemente) es que la unidad de recolección no tiene que esperar a que haya un vehículo de transferencia para descargar. El mantenimiento y la limpieza es de mayor cuidado ya que los residuos caen al piso. Sin duda el sistema de descarga directa es más limpio y no depende de un equipo de movimiento de residuos cuya faya si no se cuenta con uno adicional detiene el servicio de la estación. En el texto de Jorge Sánchez se encuentra una descripción detallada del funcionamiento de una estación de este tipo.

### Descarga mixta.

Una estación que cuenta con las instalaciones de los dos tipos descritos anteriormente tendrá la flexibilidad de la descarga indirecta con relación a la coordinación de las unidades y no parará su operación ante un desperfecto del equipo de carga.

## **Otras instalaciones y obras.**

Estas estaciones requieren además de patios de estacionamiento para espera de cajas, tractocamiones y en caso de carga directa camiones de recolección, edificios de oficinas y talleres de reparación y mantenimiento de equipos. Se puede adicionar una zona de contenedores para almacenar reciclables considerando que los usuarios que traigan residuos reciclables seleccionados puedan obtener un retorno o al menos una disminución del pago del servicio de transferencia.

Es muy conveniente que se tengan jardines y cortinas vegetales de amortiguamiento de ruidos, polvos y olores.

## **Las vialidades y patios de maniobras.**

### **Carril de desaceleración.**

Uno de los problemas viales que pueden generar las plantas de transferencia es el entorpecimiento del tráfico en el acceso si no se prevé un carril de desaceleración. El ancho de este carril debe ser de un mínimo de 4 metros y una longitud que debe calcularse de acuerdo a los requerimientos de cada caso. En el Plano 4, del Anexo 3, se muestra un esquema de este.

### **Carril de encolamiento.**

Es un sitio ex - profeso para que los vehículos de recolección y de transferencia se estacionen temporalmente esperando su turno ya sea para entrar al patio de descarga o al túnel de transferencia en el caso de vehículos de este tipo. Esta zona de estacionamiento se usa para los recolectores en las horas pico y para los de transferencia en después de dichas horas, la ubicación de este carril es inmediatamente antes de las rampas de acceso al patio de descarga o al túnel de transferencia. El número depende de un estudio de tiempos y movimientos para cada caso. De esta forma no se producirán problemas en la circulación exterior debido a las colas de vehículos en espera de turno. En el plano 4 del Anexo 3 en el esquema para una estación de descarga directa, se muestra un ejemplo de carril de encolamiento, aquí la vialidad se ha diseñado de con dos carriles por cada sentido de 7.5 metros de ancho de arroyo, lo que permite un carril de encolamiento de 3.5 para las unidades de recolección y un carril de 4 metros para las de transferencia. También se previó un sitio para espera de estas últimas unidades.

### **Rampas.**

Las rampas no deben exceder el 8% de pendiente, ya que un vehículo recolector cargado en pendientes excesivas genera una cantidad inconveniente de gases de combustión incompleta, aparte desgasta inconvenientemente la máquina. (Sánchez 1996, pg. 114).

## Patios de maniobras.

El patio de maniobras de carga de la planta depende de su tipo y capacidad. El parámetro de mayor importancia en las plantas de carga directa, son las líneas de servicio, que son los lugares donde hasta 4 camiones de recolección pueden descargar simultáneamente los residuos, en el Cuadro 40 del Anexo 1 se presentan las dimensiones mínimas de patios de carga según el número de líneas de servicio.

## Localización de la estación de transferencia.

El estudio de localización de una estación de transferencia entre otros factores considerará lo antedicho con relación a las pendientes y valorará la mayor o menos accesibilidad al sitio según se cuente o no con vías rápidas. Se puede tener una valoración de puntaje como la que propone Sánchez Gómez (1996, pg. 38 a 85), para este aspecto de la selección del sitio, pero esta tiene que ver con consideraciones locales atinentes al tipo de restricciones que se tenga para la circulación de camiones pesados en cada caso. Por ejemplo:

Vías rápidas de acceso controlado	1.0;
Ejes viales	0.75;
Vialidades Primarias	0.50 y
Vialidades secundarias	0.25.

Los elementos que condicionan la localización son los que se listaron arriba con relación a la recolección y el modelo para evaluar la localización se expone a continuación, siguiendo a Sánchez (1996, pg. 62).

## Determinación del centro de gravedad de las zonas a atender por la estación.

El estudio de recolección nos proporcionó las macrorutas y las microrutas de la ciudad. Las macrorutas son zonas de las que conocemos su población, generación de residuos y características urbanas por lo que pueden ser la base del estudio de gravedad. En el apartado 10.2.4. se mostró la forma de utilizar el AGEB para la definición de la generación y la población por zonas homogéneas de ingresos.

Se realiza para cada zona la localización de un centroide de superficie (hay sistemas "CAD" que pueden realizar esta función). El centro de gravedad de los distintos sectores tendrá la coordenadas  $X_p$  y  $Y_p$  que se calculan con las ecuaciones siguientes:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_{ifj} x_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (A_{ifj})} \quad (1)$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_i f_j y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (A_i f_j)} \quad (2)$$

donde:

$A_i$ : Área de la macroruta  $i$ ;

$X_i$ : Absisa del centroide geométrico de  $i$ ;

$Y_i$ : Ordenada del centroide geométrico de  $i$ ;

$f_j$ : Factor de ajuste por: geografía, población, generación de residuos, vialidad y topografía.

Para cada factor  $f_j$  (se pueden proponer otros además de los que se mencionan), se calcula un punto haciendo uso de las ecuaciones (1), (2).

La zona adecuada para la localización del sitio se encontrará en el interior del polígono determinado por la unión los puntos encontrados para los factores  $j$  que se hayan estudiado.

Los factores  $f_i$  mencionados se pueden calcular con las formulas siguientes:

Geográfico:  $f=1$ ;

Poblacional:  $f=D$ , siendo  $D$  la densidad de población;

Generación:  $f=D*G$ , siendo  $G$  la generación per cápita de los RSMRS;

Vialidad:  $f=D*G*N$ , siendo  $N$  la sumatoria de la calificación de las vialidades a utilizar por los camiones recolectores, para viajar desde cada zona a la estación de transferencia y por las unidades de transferencia para sacar los residuos hacia el sitio de disposición final. Es conveniente calificar el tráfico de las vialidades como un factor adicional que puede afectar a  $N$ ;

Topografía:  $f=D*G*P$ , siendo  $P$  la pendiente como porcentaje dividido entre 10.

### **Elección por optimización de la función del costo de transporte.**

Dentro del polígono determinado por los centros de gravedad se pueden ubicar varios sitios que se pueden evaluar mediante un análisis de tipo económico, que considere los costos de transportación desde los centros de generación hasta ellos.

$$\text{MIN: } K(u) = \sum_{j=1}^{j=n} P(j)D(j)C(j) \quad (3)$$

Donde:

$K$ : Costo de transportación de los residuos sólidos desde los sectores de generación  $j$ , hasta el sitio  $u$ , donde se evalúa la localización de la estación de transferencia;

$P(j)$ : Generación de residuos en toneladas en el sector  $j$ ;

$D(j)$ : Distancia promedio desde las zonas o macrorutas de recolección hasta el sitio  $u$ , para simplificar se podría usar la distancia desde el centro de gravedad de la zona;

$C(j)$ : Costo unitario del transporte por tonelada de residuos generado en el sector  $j$ ;

El costo unitario de recolección puede variar de una zona a otra debido a distintos factores, este no es un dato fácil de obtener por lo que si no se cuenta se omitirá de la fórmula.

Si bien el análisis expuesto garantiza una solución óptima desde el punto de vista económico, es necesario considerar una revisión desde el punto de vista de las afectaciones del proyecto y esto se hace estableciendo: 1) La consideración de los **impactos potenciales** que el proyecto puede generar en términos del bienestar, el ambiente, la infraestructura urbana y la salud en términos generales y 2) la consideración de **los factores del entorno urbano** a cada uno de los factores mencionados en el caso de cada una de las localizaciones a revisar.

### **El impacto potencial.**

El modelo considera las afectaciones al ambiente (contaminación en general de aire, agua y suelo), salud de la población en general (emisión de agentes patógenos), bienestar (afectaciones a los pobladores y usuarios de la zona en términos de incremento de tráfico, ruido, olores, devaluación de sus bienes y contaminación visual) y afectaciones a la infraestructura (vialidades y redes hidrosanitarias). Estas afectaciones se revisan contra 5 factores relacionados (distancia amortiguamiento, vientos, pendientes de acceso, accesos, viales y superficie disponible), para cada uno de ellos propone una función lineal con una propuesta de valores o coeficientes según se muestra en el Cuadro 42 del Anexo 1. Los coeficientes que forman esta matriz fueron estudiados por consultores de distintas especialidades, según se establece en el texto de Sánchez Gómez sin embargo son una propuesta que puede afinarse para cada caso. Por ejemplo los factores de molestia a la población pueden ser de mayor peso en una colonia que en otra o las afectaciones a la infraestructura vial implican en caso la reconstrucción de un pavimento costoso. Para todos los casos que se revisan la matriz es la misma.

### **Revisión de los factores del entorno urbano.**

A continuación el texto de Sánchez Gómez nos propone revisar los factores condicionantes para cada caso mediante la aplicación de funciones de sensibilidad (que son lineales) que permitan calificarlos y son las que se muestran en el Cuadro 42 del Anexo 1 y se muestran en la Gráfica 14 del Anexo 2.

El procedimiento que sigue es el siguiente:

Se realiza el producto de la matriz del Cuadro 41 con la matriz que se obtenga para los casos estudiados aplicando las funciones de sensibilidad del Cuadro 42 la que

se denomina matriz de pagos con la que se realiza un análisis de programación lineal según la metodología de Newmann – Dantzing.

Se toma como función objetivo cualquiera de las restricciones y se procede a aplicar el proceso de cálculo según las técnicas conocidas de la programación lineal (actualmente se cuenta con paquetes computacionales que los realizan).

De este modelo de evaluación se debe decir que debe aplicarse según las condiciones específicas de cada proyecto. Por ejemplo si la localización del encierro de camiones con que se cuenta es inconveniente por no ubicarse en el epicentro de la generación puede ser importante considerar su compactación con la localización de la estación de transferencia. En tal caso cobra importancia contar con un sitio de tamaño adecuado para ambas instalaciones.

El factor de las pendientes es de suma importancia, el modelo no considera la longitud en que se presenta una determinada pendiente, por lo que se considera conveniente afectar a los valores del modelo con un factor de distancia para castigar los casos desfavorables, por ejemplo incremento de un 20% por cada kilómetro.

El modelo no considera el factor de congestionamiento del flujo vehicular que se puede incorporar como otro renglón en caso de que las alternativas presenten características diferenciadas en la materia.

No se trata de señalar que el modelo esté incompleto sino que debe adecuarse a las condiciones de cada caso. En todo caso si se agregan factores a revisar se deberá reconstruir la matriz del Cuadro 41 del Anexo 1, agregándole el factor en cuestión y otorgándole un coeficiente.

#### **10.2.6. El relleno sanitario.**

##### **Introducción.**

El relleno sanitario constituye el principal destino posible, ambientalmente aceptable, de los residuos sólidos de acuerdo a las condiciones económicas y tecnológicas actuales de México. Como se ha destacado lo ideal es reutilizar, reducir y reciclar la mayor cantidad posible de residuos sin embargo es necesario tener claro, que mientras no se disponga de tecnologías y procesos rentables al alcance de los municipios del país, que estén en manos de un sector de empresas recicladoras que demanden los reciclados, una cantidad importante de los residuos que generen se depositarán en sitios que se busca que en el plazo más breve posible tengan las características que impone la norma oficial mexicana NOM-083-ECOL-1996. El plazo que quedó establecido en la norma que se señala, para que los municipios cumplan con lo dispuesto en ella, es de 3 años después de su promulgación es decir vence el 4 del 11 de 1999.

En este apartado responderemos a las preguntas espaciales del relleno sanitario como son que área se requiere y donde se debe localizar.

### **El tamaño del proyecto.**

Como en cualquier proyecto industrial una primera pregunta de importancia a resolver es la del tamaño de la instalación o como se conoce en proyectos de inversión *el tamaño de la planta*. El tamaño, es sabido, es un tema que se resuelve en el estudio de mercado.

En este caso el mercado lo tenemos en el requerimiento del servicio de limpia, de las ciudades y pueblos de una zona o región. La idea actualmente en práctica es que cada ciudad resuelve por su cuenta el problema instalando en sus proximidades un sitio de disposición final. Se ha venido demostrado desde hace algunos años, que los pequeños rellenos sanitarios tienen un costo muy elevado por tonelada dispuesta, por lo que puede ser conveniente, si las distancias lo permiten, generar agrupamientos de ciudades para tener la economía de escala que garantice un buen precio.

En México se han venido realizando estudios para la instalación de rellenos sanitarios regionales en varios estados, pero no se han puesto en práctica. El problema no se ha abordado, en los proyectos y estudios revisados por el autor de esta tesis, de manera integral y la principal limitación es que no se basan en definiciones previas de ordenamiento ecológico territorial y en la aplicación de un modelo que permita localizar el epicentro de los centros de generación.

Una primera consideración es el estudio de la economía de escala. En uno de los estudios ordenados por el estado de México a 2 empresas consultoras para la localización y operación de sitios regionales de disposición final, se encuentra un estudio de costos de disposición según cantidad de residuos que se muestran en el Cuadro 43 del Anexo 1 y en la Gráfica 15 del Anexo 2. Los valores estudiados para Mayo de 1997 se han convertido a dólares al valor del cambio de la moneda americana en la fecha.

El análisis de estos valores muestra que se asimilan perfectamente a una curva logarítmica donde los rellenos de hasta 120 toneladas son muy costosos, entre 120 y 400 toneladas se encuentran en una zona de transición y los costos son todavía altos, sobre las 400 tons. la curva baja tendiendo a la asíntota después de las 500 tons. Este es el primer análisis a realizar en cualquier caso y debe hacerse para cada caso por las variaciones que puede tener uno de los componentes más importantes del costo que es el valor del terreno.

Los ejercicios preliminares para localizar un sitio pueden partir juntando grupos de ciudades que alcancen en lo posible cifras superiores a 1000 toneladas diarias, esto permitirá tener costos en dólares del orden de 6.78 US\$ por tonelada o incluso menores, sin embargo ya sobre 500 toneladas diarias tienen costos

aceptables. A continuación mediante un modelo de gravedad se puede encontrar un epicentro de la generación. En el caso de conglomerados urbanos extensos se puede calcular el lugar mas indicado para instalar una estación de transferencia mediante la metodología anteriormente explicada y considerar toda la generación concentrada en ese punto. Después de esto se calcula el epicentro mediante:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} G_i x_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (G_i)} \quad (1)$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} G_i y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (G_i)} \quad (2)$$

donde:

$G_i$ : Área de la macroruta  $i$ ;

$X_i$ : Absisa del centroide geométrico de  $i$ ;

$Y_i$ : Ordenada del centroide geométrico de  $i$ ;

Cabe señalar que el sistema de coordenadas se instala arbitrariamente y luego se miden las coordenadas resultantes de los centros de generación a los ejes de este y el resultado será el mismo punto, espacialmente hablado, independientemente de su localización.

Es necesario a continuación determinar si el punto encontrado se encuentra en una zona accesible y válida desde el punto de vista ambiental para la instalación de un relleno sanitario. Lo primero es una evaluación de las rutas cercanas y lo segundo es materia de los planes y programas de ordenamiento ecológico territorial con que se cuente.

Se procederá a mover el punto encontrado a la zona factible más cercana y a continuación se tratará encontrar alternativas de localización dentro de ella mediante un modelo de evaluación que considere el cumplimiento con lo establecido en la norma oficial mencionada.

Así ubicado un relleno sanitario regional se revisará si mejora en economía a la alternativa de rellenos individuales para cada ciudad, ya que se debe considerar el mayor costo de transporte y seguramente de la transferencia de los residuos versus su economía de escala.

### **Cálculo de la vida útil y del área a ocupar.**

El área con que se cuente en cada alternativa y la altura de la disposición de los residuos que convenga a ese sitio según un preproyecto permitirá calcular la vida útil del sitio.

**Cálculo de la vida útil.**

<b>U =</b>	<b><math>Vs/(365Gt)</math></b>
<b>U =</b>	Vida útil en años
<b>Vs =</b>	Volumen del sitio en m <sup>3</sup>
<b>Gt =</b>	Cantidad de residuos generados por día más el material de cubierta
<b>Gt =</b>	<b>Gr + Mc</b>
<b>Gr =</b>	Volumen de los residuos a disponer en m <sup>3</sup>
<b>Mc =</b>	Volumen del material de cubierta que se puede estimar Entre un 20 y un 30% del volumen de los residuos en m <sup>3</sup>
<b>Gt =</b>	<b>Gp/Pv</b>
<b>Gp =</b>	Toneladas diarias de los residuos a disponer.
<b>Pv =</b>	Peso volumétrico de los residuos en tons/m <sup>3</sup> (puede tomarse 600 tons/m <sup>3</sup> )

El área del sitio es una función del volumen y la altura de la disposición de los residuos, en una simplificación del problema:

$$As = Vs/h$$

As = Área del sitio.

h = Altura de los residuos incluido la del material de cubrimiento.

La altura es un factor que lo da el proyecto de ingeniería del relleno sanitario, depende principalmente de la forma final que se desee para el sitio, de sus características topográficas y del tipo de operación diseñado. Obviamente será mas económica la operación extendida y de poca altura que la que se realiza el un terreno limitado en extensión en el que se opta por aprovecharlo en altura. Los residuos se acomodan en celdas cuya altura normalmente varía de 2 a 3 mts. El ancho mínimo de la celda o frente de trabajo depende del equipo que se utilice para disponer los residuos y se recomienda que sea como mínimo de 2 a 2.5 veces el ancho de la cuchilla (SEDUE, 1992, pg. 218) ( ver Cuadro 44 del Anexo 1). Sin embargo el ancho de la celda debe responder a la necesidad de descarga de los camiones en la hora pico de manera que su tiempo de descarga sea lo más expedito posible y este se puede calcular multiplicando el número que arriban a esa hora por 4 mts. Como se requiere de realizar un cubrimiento diario de los residuos que la profundidad o largo de la celda estará dado por el volumen que es necesario para este efecto, vale decir dado un ancho necesario, una altura de proyecto y un volumen a disponer resulta una profundidad. Las celdas se acomodan en franjas y las franjas en capas.

## **Análisis de las alternativas.**

Este es uno de los puntos que más se ha trabajado en los estudios que se han mencionado en el cuadro 12 y consiste básicamente en hacer una evaluación por puntajes asociados al grado de cumplimiento de los distintos aspectos de la norma. El ejercicio de localización del epicentro de la generación que se ha descrito anteriormente, no se realiza en los referidos estudios, donde se parte del hecho de que se cuenta con varias opciones de terreno, que se evalúan de acuerdo a los sistemas que se comentarán a continuación.

Una primera revisión que se hace es la verificación de paso de la norma esto se puede hacer con la lista de revisión que se presenta en el Cuadro 45 del Anexo 1. Se ha comentado en el medio de los consultores, la dificultad de encontrar terrenos para cumplir la norma 100% sin embargo, es necesario recordar que es una norma oficial que debe tomarse como un filtro *si - no*. En la Gráfica 16 del Anexo 2, se muestra el diagrama de decisiones que se contempla en la norma.

Si el volumen de los residuos permite tener más de un sitio, con una recepción diaria de más de 500 toneladas, para los requerimientos de varias ciudades se tendrá que utilizar un modelo que optimice la distribución en los distintos sitios. Vale decir la asignación de carga. Este es el caso de los estudios para dos agrupamientos de ciudades realizados por la Secretaría de Ecología del Estado de México. El procedimiento usado en estos estudios se describe y comenta a continuación.

1. Se realizan los estudios de generación actual y futura de las ciudades que participarán en el proyecto.
2. Se localizan en una carta regional las manchas urbanas de los distintos centros de generación en las que se realiza una partición en áreas de densidad homogénea por ejemplo alta, media y baja (o el desglose que se estime conveniente), con el fin de encontrar el epicentro de la generación mediante la aplicación de un modelo de gravedad. En el apartado 10.2.4., de la recolección, se desarrolló una propuesta para trabajar la estadística disponible de los AGEB, (Áreas Geoestadísticas Básicas) asimismo en el apartado 10.2.5. donde se trata el tema de la localización de la transferencia, se usó el mismo modelo. Se determinan entonces para cada mancha urbana las coordenadas de donde se considera que parte hacia la disposición final toda la generación. En caso de tener una estación de transferencia se considerarán las coordenadas de esta como el punto de salida.
3. Se tendrá en una carta la localización de los centros de generación regionales y los sitios propuestos para la disposición. Se determina entonces las distancias por carretera de cada centro de gravedad a cada uno de los sitios propuestos consiguiendo así una matriz de generación y distancias.
4. Se trata ahora, usando la programación lineal, de minimizar la siguiente función objetivo:

Minimizar:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} x_{ij}$$

Donde:

$d_{ij}$  = distancia del punto de generación  $i$  al punto de disposición  $j$ .

$x_{ij}$  = cantidad de residuos a transportar desde el punto de generación  $i$  al sitio de disposición  $j$ .

$n$  = número de sitios de generación.

$m$  = número de sitios de disposición.

**Restricciones internas:**

Donde:

$$G = \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$C = \sum_{i=1}^m x_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m$$

$G$  = cantidad de los residuos sólidos de cada sitio de generación.

Donde:

$C$  = capacidad estimada de los módulos.

**Restricción externa:**

$$C = \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \geq T$$

$T$  = tamaño económico medido en toneladas diarias a disponer en cada sitio.

A partir de este momento se puede proceder a los cálculos para los que se dispone actualmente, como se ha mencionado, con programas computacionales. Uno conocido es el denominado Lindo (Linear, Interactive and Discrete Optimizer) por sus siglas en inglés y es un Optimizador Lineal Interactivo y Discreto.

**Sensibilidad**

Es importante estudiar la sensibilidad a:

Coeficientes de costos;

Coeficientes de las restricciones y

Términos independientes de las restricciones.

El chequeo de las alternativas garantiza que la operación se realizará de acuerdo a la norma y luego la aplicación del modelo de programación lineal garantiza que dados los sitios la asignación de los residuos a estos será la óptima, en el marco de las restricciones que se revisan. Sin embargo queda sin respuesta la pregunta de si hay otro u otros sitios más favorables desde el punto de vista ambiental y desde el punto de vista económico que no fueron explorados.

En este caso no se utilizó ningún método, que se explicita en los estudios, para la ubicación de los sitios, para que los resultados de economía del transporte sean los óptimos. Vale decir lo que hace el modelo expuesto es optimizar la asignación de los residuos desde un grupo de municipios a un grupo de sitios dados.

En conclusión lo que debe adicionarse al método anteriormente expuesto, es operar paralelamente dos procesos de localización previa el ambiental y el económico.

### **El estudio ambiental.**

Es el estudio de las aptitudes del territorio o región y que se ha definido claramente por la Ley General de equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente como un instrumento de planeación regional y se denomina Ordenamiento Ecológico Territorial.

El ordenamiento ecológico del territorio constituye una planeación de primer piso o básica, anterior a la planeación del desarrollo urbano en el nivel territorial que puede abordarse a nivel nacional, estatal, regional y municipal. Al ir bajando de nivel y extensión del territorio que se analiza obviamente se debe precisar más pasando a escalas que cada vez permitan observar un mayor número de fenómenos y la partición en unidades ambientales puede ser cada vez mayor.

Por ejemplo la escala 1/50,000, utilizada para el ordenamiento territorial de los 57 municipios, que constituyen la zona oriente del estado de México es una escala que permitió trabajar cerca de 1600 unidades ambientales en un territorio de 6,671.42 km.<sup>2</sup> con una visión clara de la infraestructura regional.

Si se cuenta con una planeación de este tipo se puede pasar con mayor seguridad a los estudios específicos que se han mencionado arriba en base a listas de chequeo como el cuadro 45 y luego la secuencia de la Gráfica 16.

## **El estudio económico.**

Se pueden localizar sitios para rellenos sanitarios aplicando modelos gravitacionales como los que se han expuesto por grupos de zonas urbanas, y si las ubicaciones encontradas no coinciden con unidades ambientales aptas para el uso, mover los puntos encontrados a las unidades ambientales aptas más cercanas (donde de todos modos se debe aplicar la lista de revisión de la norma) y donde se cuente con infraestructura carretera o la posibilidad de realizar un camino que no pese demasiado en la inversión. A continuación se deberá contrastar la opción encontrada con la solución de rellenos sanitarios individuales como se ha comentado arriba.

Posteriormente se puede utilizar el modelo arriba descrito, que permite establecer la secuencia y forma de asignación de los residuos que optimiza los costos de transporte.

## **11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **Sobre la planeación.**

Al analizar las características de la planeación actual, en nuestro país, de los residuos sólidos en el marco de los programas de desarrollo urbano y ecológico territorial se ha hecho notar que la superficialidad con que se aborda el tema hace de este capítulo de la planeación un ejercicio de poco valor. Se ha señalado, que si no se realizan estudios al nivel de ingeniería básica y factibilidad técnico económica, la planeación, a la hora de la formulación de proyectos y acciones para el sector, será letra muerta. Esto mismo sucede con otros capítulos incluidos en la planeación urbana, como son las propuestas para redes de infraestructura eléctrica, de agua potable y drenajes. Si no se avanza hasta la ingeniería básica de los proyectos, resulta muy aventurado proporcionar cifras de costo de los mismos que no sea con base en indicadores generales, que presuponen una elección tecnológica que puede o no ser la adecuada a un caso específico. En la práctica cuando se desarrollan los proyectos ejecutivos estos modifican substantivamente la planeación genérica. En este sentido se vierte la recomendación de realizar una planeación urbana y territorial en estrecha coordinación con la planeación sectorial, lo que demanda un esfuerzo de coordinación hasta la fecha no alcanzado.

La planeación de los residuos sólidos en México que se realiza en el ámbito del centro de población y en el ámbito regional, compete a la planeación urbana y a la planeación ecológico territorial. En la planeación ecológica nacional forma parte de los programas de medioambiente y desarrollo social como un capítulo.

La **planeación ecológica territorial** es la mejor capacitada para definir las aptitudes de los sitios aptos para la disposición final así como para estudiar las

## **El estudio económico.**

Se pueden localizar sitios para rellenos sanitarios aplicando modelos gravitacionales como los que se han expuesto por grupos de zonas urbanas, y si las ubicaciones encontradas no coinciden con unidades ambientales aptas para el uso, mover los puntos encontrados a las unidades ambientales aptas más cercanas (donde de todos modos se debe aplicar la lista de revisión de la norma) y donde se cuente con infraestructura carretera o la posibilidad de realizar un camino que no pese demasiado en la inversión. A continuación se deberá contrastar la opción encontrada con la solución de rellenos sanitarios individuales como se ha comentado arriba.

Posteriormente se puede utilizar el modelo arriba descrito, que permite establecer la secuencia y forma de asignación de los residuos que optimiza los costos de transporte.

## **11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **Sobre la planeación.**

Al analizar las características de la planeación actual, en nuestro país, de los residuos sólidos en el marco de los programas de desarrollo urbano y ecológico territorial se ha hecho notar que la superficialidad con que se aborda el tema hace de este capítulo de la planeación un ejercicio de poco valor. Se ha señalado, que si no se realizan estudios al nivel de ingeniería básica y factibilidad técnico económica, la planeación, a la hora de la formulación de proyectos y acciones para el sector, será letra muerta. Esto mismo sucede con otros capítulos incluidos en la planeación urbana, como son las propuestas para redes de infraestructura eléctrica, de agua potable y drenajes. Si no se avanza hasta la ingeniería básica de los proyectos, resulta muy aventurado proporcionar cifras de costo de los mismos que no sea con base en indicadores generales, que presuponen una elección tecnológica que puede o no ser la adecuada a un caso específico. En la práctica cuando se desarrollan los proyectos ejecutivos estos modifican substantivamente la planeación genérica. En este sentido se vierte la recomendación de realizar una planeación urbana y territorial en estrecha coordinación con la planeación sectorial, lo que demanda un esfuerzo de coordinación hasta la fecha no alcanzado.

La planeación de los residuos sólidos en México que se realiza en el ámbito del centro de población y en el ámbito regional, compete a la planeación urbana y a la planeación ecológico territorial. En la planeación ecológica nacional forma parte de los programas de medioambiente y desarrollo social como un capítulo.

**La planeación ecológica territorial** es la mejor capacitada para definir las aptitudes de los sitios aptos para la disposición final así como para estudiar las

afectaciones al suelo, agua y aire así como los daños a la salud de la población producidas por la incorrecta disposición de los residuos. A nivel **estatal, regional y municipal** se pueden determinar las **unidades ambientales** aptas para situar rellenos sanitarios, determinar la problemática de contaminación que se deriva de las disposiciones inadecuadas y diseñar las medidas de restauración o saneamiento que correspondan.

La **planeación urbano territorial** (en sus niveles estatal y regional) debe resolver la localización precisa de los sitios adecuados aplicando los modelos que se han descrito apoyándose en la planeación ecológica (que actúa como "planeación de primer piso"), buscando la economía de escala de los procesos.

La **planeación urbana de centros de población**, debe resolver el resto de los temas, que se pueden enumerar siguiendo el ciclo de los residuos sólidos municipales, considerando las recomendaciones que dicte la planeación ecológica en materia de minimización del flujo de los residuos que deban ser dispuestos en un relleno sanitario.

La planeación urbana a nivel municipal (o delegacional) y de centros de población es necesario que se desarrolle hasta la ingeniería básica de los proyectos incluyendo la ingeniería financiera de los mismos.

El esfuerzo de coordinación intermunicipal e interestatal es fundamental para llegar a soluciones que optimicen los aspectos ambientales y económicos, lo que hasta la fecha se realiza en escala mínima. Por ejemplo, el problema de los residuos sólidos del Valle de México debe resolverse en un programa único coordinado por la Comisión Metropolitana y no separadamente como hasta la fecha se realiza esto a pesar del trabajo de planeación conjunto (Estado de México y D.D.F) expresado en el "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en la Zona Metropolitana del Valle de México" (1997).

En el curso de este trabajo hemos usado el término subsector ya que los residuos sólidos municipales son considerados en México como una parte del desarrollo social y ambiental. En el marco institucional los residuos sólidos se manejan fundamentalmente como parte de los servicios urbanos municipales dentro de los cuales se ubica el servicio de limpia las instancias reguladoras se dan en las Secretarías o Direcciones de Ecología del nivel estatal y federal y para ser un sector deberían corresponder a una institucionalidad independiente en los tres niveles de la federación. Independientemente de su clasificación es necesario asentar que hace falta una planeación nacional de mayor aliento, que la emprendida hasta el momento como un capítulo de la planeación ambiental y como programas demasiado genéricos del desarrollo social y del ambiental, donde cada uno de los aspectos del ciclo de los residuos sea tratado independientemente y se estudien a fondo sus relaciones con el todo y se llegue a subprogramas que establezcan objetivos, políticas, metas y acciones estratégicas.

La planeación debe sustentarse en estudios como los que se han propuesto en el capítulo 9, Estrategias y Acciones, y apoyarse en un diagnóstico que supere las deficiencias e inconsistencias que se han discutido con amplitud. En este sentido se ha insistido en la constitución de una base de datos nacional alimentada desde el nivel municipal y estatal que permita comparar el desarrollo del subsector para actuar con apoyos técnicos y de recursos donde se tengan mayores carencias.

### **Sobre los aspectos espaciales.**

Los problemas espaciales derivados de los requerimientos de los residuos sólidos son una preocupación de los planeadores urbanos y regionales. Como arriba se menciona la planeación se concibe en una secuencia donde primero se requiere el ordenamiento ecológico territorial. En este trabajo se ha puesto énfasis en los problemas espaciales que responden a los objetivos y las estrategias fincadas o concebidas a partir de un diagnóstico. Se han expuesto modelos, entregando las herramientas de cálculo sustentadas en indicadores y algoritmos útiles para dimensionar y localizar los elementos. La idea es que los planeadores urbanos tengan herramientas para manejar el tema y las utilicen de manera que se considere dentro de la estructura urbana la ubicación más adecuada los espacios necesarios para los procesos de manejo de los residuos sólidos.

### **La participación de la población.**

Este es un tema de indudable importancia que a menudo se ha abordado con torpezas e ingenuidades técnicas. Se ha insistido en este trabajo que sin los estudios adecuados, las orientaciones y programas para hacer participar a la población en distintos proyectos como son disminución de generación, almacenaje correcto, reuso, reciclaje y tratamiento de los residuos, pueden fracasar y provocar un desaliento y reticencia ante nuevos proyectos.

Uno de los procesos de los que puede depender el éxito de un programa que contemple la separación industrial de los reciclados o subproductos y el tratamiento de los residuos orgánicos en generación de composta, como el que se formuló para el Distrito Federal en el informe Kokusai (1999) radica en la participación de la población en los procesos de separación en la fuente.

Hay dos incentivos por los que la gente puede colaborar en un programa de este tipo: el económico y el de la conciencia ecológica en una combinación variable de estos factores de acuerdo a sus características. Dentro de estas se debe conocer los ingresos per cápita, el desarrollo de la organización social (en especial organizaciones vecinales y ecologistas), el nivel de la cultura ecológica, el arraigo al entorno urbano, los resultados de otras iniciativas similares y en base a ese conocimiento se podrán delinear campañas particularizadas con el acento correcto. Debe valorarse las iniciativas de la población pero es responsabilidad del municipio encausarlas correctamente, a fin de que las deficientes valoraciones económicas que se hacen frecuentemente en proyectos diversos, como centros de acopio, composta casera etc., terminen en fracasos. Iniciativas de este tipo requieren de

apoyo y esfuerzos continuados. Si el municipio invierte en el apoyo a un proyecto comunitario, como los que se mencionan, el ahorro obtenido en recolección y disposición final se obtiene un beneficio ambiental al no encapsular en un relleno sanitario una parte de los residuos municipales. Si se deja a la población a su suerte con sus iniciativas, la experiencia indica que difícilmente tendrán continuidad.

En proyectos recientes del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, se ha introducido el enfoque de *Ciudadanía Ambiental*, que considera que todos tienen, en una nación, derechos y deberes ambientales relacionándose el desarrollo de las comunidades con desarrollo de la capacidad para ejercer estos deberes y derechos, lo que implica un fortalecimiento de capacidad de actuar en conjunto frente a problemas comunes y incrementar el ejercicio de la democracia desde la base de la sociedad.

## 12. ÍNDICE TEMÁTICO.

AGEB pgs. 14, 15, 16, 17, 83, 85, 86, 99, 100, 101, 110 y 117.
Almacenamiento pgs. 19,45,54,55,77,79,81 y 82.
Autopista(s) pgs. 97 y 98.
Celda(s) pg. 116 y 117.
Ciclo pgs. 3, 33 y 79.
Composta, compostación pgs. 27,43,67,68, 87 y 91.
Ejes viales pgs. 97,98 y 110.
Encierro de camiones pgs. 86, 94, 95, 96, 98, 102, 104, 105, 106, 107 y 113.
Estructura urbana pg. 93.
Generación pgs. 3, 5, 7, 9, 10, 17, 20, 22, 25, 26, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 55, 59, 69, 78, 79, 80, 83, 86, 89, 90, 99, 100, 101, 102, 110, 111,114,115,117,118 y 122.
Incineración pgs. 3, 25, 29, 52, 77 y 87.
Lixiviados pgs. 70, 72, 74, 77 y 89.
Macrorutas pgs. 17, 60 83, 96, 102, 110, 112 y 115.
Microrutas pgs. 17,83,96,104 y 110.
Ordenamiento ecológico 4,23,26,27,114,115,119 y 122.
Peletización 4,23,26, 27, 114, 115, 119 y 122.
Pepenador (es), pepena pgs. 11,35, 58, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 84, 88 y 96.
Reciclaje, recicló, reciclamiento, reciclable pgs. 2 ,3, 17, 20, 22, 25, 27, 32, 45, 56, 58, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 86, 90, 91,46,47,55, 96, 97,107,108,109,113 y 122.
Recolección pgs. 5, 7, 8, 9, 10, 20, 22, 23, 25, 30, 32, 35, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 112 y 123.

apoyo y esfuerzos continuados. Si el municipio invierte en el apoyo a un proyecto comunitario, como los que se mencionan, el ahorro obtenido en recolección y disposición final se obtiene un beneficio ambiental al no encapsular en un relleno sanitario una parte de los residuos municipales. Si se deja a la población a su suerte con sus iniciativas, la experiencia indica que difícilmente tendrán continuidad.

En proyectos recientes del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, se ha introducido el enfoque de *Ciudadanía Ambiental*, que considera que todos tienen, en una nación, derechos y deberes ambientales relacionándose el desarrollo de las comunidades con desarrollo de la capacidad para ejercer estos deberes y derechos, lo que implica un fortalecimiento de capacidad de actuar en conjunto frente a problemas comunes y incrementar el ejercicio de la democracia desde la base de la sociedad.

## 12. ÍNDICE TEMÁTICO.

AGEB pgs. 14, 15, 16, 17, 83, 85, 86, 99, 100, 101, 110 y 117.
Almacenamiento pgs. 19,45,54,55,77,79,81 y 82.
Autopista(s) pgs. 97 y 98.
Celda(s) pg. 116 y 117.
Ciclo pgs. 3, 33 y 79.
Composta, compostación pgs. 27,43,67,68, 87 y 91.
Ejes viales pgs. 97,98 y 110.
Encierro de camiones pgs. 86, 94, 95, 96, 98, 102, 104, 105, 106, 107 y 113.
Estructura urbana pg. 93.
Generación pgs. 3, 5, 7, 9, 10, 17, 20, 22, 25, 26, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 55, 59, 69, 78, 79, 80, 83, 86, 89, 90, 99, 100, 101, 102, 110, 111,114,115,117,118 y 122.
Incineración pgs. 3, 25, 29, 52, 77 y 87.
Lixiviados pgs. 70, 72, 74, 77 y 89.
Macrorutas pgs. 17, 60 83, 96, 102, 110, 112 y 115.
Microrutas pgs. 17,83,96,104 y 110.
Ordenamiento ecológico 4,23,26,27,114,115,119 y 122.
Peletización 4,23,26, 27, 114, 115, 119 y 122.
Pepenador (es), pepena pgs. 11,35, 58, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 84, 88 y 96.
Reciclaje, reciclo, reciclamiento, reciclable pgs. 2 ,3, 17, 20, 22, 25, 27, 32, 45, 56, 58, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 86, 90, 91,46,47,55, 96, 97,107,108,109,113 y 122.
Recolección pgs. 5, 7, 8, 9, 10, 20, 22, 23, 25, 30, 32, 35, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 112 y 123.

Relleno sanitario pgs. 2, 3, 5, 11, 19, 27, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 42, 45, 53, 54, 58, 66, 69, 72, 73, 78, 83, 88, 89, 90, 94, 98, 101, 113, 114, 115 y 116.
Residuos orgánicos pgs. 34, 43, 50, 51, 67, 81, 82, 87, 88 y 122.
Residuos sólidos agropecuarios pgs. 32, 90 y 91.
Residuos sólidos comerciales pg. 31
Residuos sólidos de equipamientos hospitalarios pg. 31.
Residuos sólidos de la construcción pg. 31.
Residuos sólidos de la vía pública pg. 31.
Residuos sólidos habitacionales pg. 31, 42, 49 y 100.
Residuos sólidos industriales, residuos industriales pgs. 5, 22, 32, 36, 45, 46, 47, 48, 49, 89 y 90.
Residuos sólidos mineros pg. 32.
Residuos sólidos municipales pgs. 29 y 31 (donde se discute la definición, pero el La expresión figura en toda la tesis con las siglas RSM)
Residuos sólidos municipales de relleno sanitario (RSRS) pgs. 31, 34, 35, 36, 88, 41, 43, 49, 88 y 111.
Residuos peligrosos pgs. 4, 19, 26, 28, 29, 31, 45, 46, 47, 48, 49, 71, 89 y 90.
Saneamiento pgs. 73, 88, 89, 92 y 121.
Transferencia pgs. 17, 58, 66, 69, 83, 85, 86, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 106, 107, 108, 108, 110, 111, 112, 113, 114 y 115.
Tratamiento 10, 11, 17, 19, 20, 31, 44, 45, 52, 67, 69, 68, 69, 71, 72, 74, 86, 87, 89, 90, 91, 93, 94, 96 y 122.
Vialidades locales pg. 99
Vialidades primarias pgs. 98 y 110.
Vialidades secundarias pgs. 99 y 110.
Vías de acceso controlado pg. 98.

### 13. INDICE ONOMÁSTICO.

Acurio Guido, pg. 66.

Aguado E., Rogel R. y Dirat, pg. 15.

Alva Francisco pg. 12.

Benavides Livia, Villena Jorge, Iribarren Percy, pgs. 48 y 89.

Camposortega Cruz Sergio, pg. 13.

Careaga Juan Antonio pgs. 43, 44 y 79.

Cordero Garrido Luis y Cuadros García Santos, pg. 30.

Corona Rodolfo, Tuirán Rodolfo pg. 13.

Relleno sanitario pgs. 2, 3, 5, 11, 19, 27, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 42, 45, 53, 54, 58, 66, 69, 72, 73, 78, 83, 88, 89, 90, 94, 98, 101, 113, 114, 115 y 116.
Residuos orgánicos pgs. 34, 43, 50, 51, 67, 81, 82, 87, 88 y 122.
Residuos sólidos agropecuarios pgs. 32, 90 y 91.
Residuos sólidos comerciales pg. 31
Residuos sólidos de equipamientos hospitalarios pg. 31.
Residuos sólidos de la construcción pg. 31.
Residuos sólidos de la vía pública pg. 31.
Residuos sólidos habitacionales pg. 31, 42, 49 y 100.
Residuos sólidos industriales, residuos industriales pgs. 5, 22, 32, 36, 45, 46, 47, 48, 49, 89 y 90.
Residuos sólidos mineros pg. 32.
Residuos sólidos municipales pgs. 29 y 31 (donde se discute la definición, pero la expresión figura en toda la tesis con las siglas RSM)
Residuos sólidos municipales de relleno sanitario (RSRS) pgs. 31, 34, 35, 36, 88, 41, 43, 49, 88 y 111.
Residuos peligrosos pgs. 4, 19, 26, 28, 29, 31, 45, 46, 47, 48, 49, 71, 89 y 90.
Saneamiento pgs. 73, 88, 89, 92 y 121.
Transferencia pgs. 17, 58, 66, 69, 83, 85, 86, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 106, 107, 108, 108, 110, 111, 112, 113, 114 y 115.
Tratamiento 10, 11, 17, 19, 20, 31, 44, 45, 52, 67, 69, 68, 69, 71, 72, 74, 86, 87, 89, 90, 91, 93, 94, 96 y 122.
Vialidades locales pg. 99
Vialidades primarias pgs. 98 y 110.
Vialidades secundarias pgs. 99 y 110.
Vías de acceso controlado pg. 98.

### 13. INDICE ONOMÁSTICO.

Acurio Guido, pg. 66.

Aguado E., Rogel R. y Dirat, pg. 15.

Alva Francisco pg. 12.

Benavides Livia, Villena Jorge, Iribarren Percy, pgs. 48 y 89.

Camposortega Cruz Sergio, pg. 13.

Careaga Juan Antonio pgs. 43, 44 y 79.

Cordero Garrido Luis y Cuadros García Santos, pg. 30.

Corona Rodolfo, Tuirán Rodolfo pg. 13.

- Cortinas de Nava Cristina, Vega Gleason Sylvia, pgs. 28 y 47
- Chadwick, G.F, pgs. 9 y 92.
- Durán Hernán, pg. 48.
- Durán Ana Luz,, pgs. 48 y 89.
- García Rolando, pgs. 9, 93.
- Hairston, Deborah, pg. 88.
- Leff, Enrique. J.M. Montes, pg. 8
- Maturana Humberto y Varela Francisco, pg. 29 y 93.
- Medina Uribe Hortensia, pg. 15.
- Mercado Alfonso, Domínguez Lilia Fernández Oscar, pg. 26.
- Morales Reyes José Juan, pg. 3.
- Patel N.M., Edgcumbe D., pg. 3.
- Restrepo Ivan, Phillips David, pgs. 41 y 42.
- Restrepo Ivan, Bernache Gerardo, Rathje William 1991, pgs. 30, 41 y 52.
- Sánchez Gómez Jorge, pgs. 17, 39, 40, 53, 66, 85, 95, 97, 104, 106, 107, 108, 109, 110 y 112
- Unikel Luis, pgs. 12 y 16.

#### **14. BIBLIOGRAFÍA.**

Acurio Guido, "Lineamientos para la formulación de planes nacionales de residuos sólidos, manual de instrucción" México, D.F.: OPS/EHP/CEPIS, 1980.

Aguado E., Rogel R. y Dirat A. "Áreas Geoestadísticas Básicas: reciente alternativa a los estudios sociales de base territorial"; en "Cuestión Regional, estudios y reflexiones" , México, D.F.: Universidad Autónoma del Estado de México, ©1995, 256 pg..

Cortinas de Nava Cristina, Vega Gleason Sylvia, pgs. 28 y 47

Chadwick, G.F, pgs. 9 y 92.

Durán Hernán, pg. 48.

Durán Ana Luz,, pgs. 48 y 89.

García Rolando, pgs. 9, 93.

Hairston, Deborah, pg. 88.

Leff, Enrique. J.M. Montes, pg. 8

Maturana Humberto y Varela Francisco, pg. 29 y 93.

Medina Uribe Hortensia, pg. 15.

Mercado Alfonso, Domínguez Lilia Fernández Oscar, pg. 26.

Morales Reyes José Juan, pg. 3.

Patel N.M., Edgcumbe D., pg. 3.

Restrepo Ivan, Phillips David, pgs. 41 y 42.

Restrepo Ivan, Bernache Gerardo, Rathje William 1991, pgs. 30, 41 y 52.

Sánchez Gómez Jorge, pgs. 17, 39, 40, 53, 66, 85, 95, 97, 104, 106, 107, 108, 109, 110 y 112

Unikel Luis, pgs. 12 y 16.

#### **14. BIBLIOGRAFÍA.**

Acurio Guido, "Lineamientos para la formulación de planes nacionales de residuos sólidos, manual de instrucción" México, D.F.: OPS/EHP/CEPIS, 1980.

Aguado E., Rogel R. y Dirat A. "Áreas Geoestadísticas Básicas: reciente alternativa a los estudios sociales de base territorial"; en "Cuestión Regional, estudios y reflexiones" , México, D.F.: Universidad Autónoma del Estado de México, ©1995, 256 pg..

- Alva Francisco, "La población en México" (evolución y dilemas), México, D.F.: El Colegio de México, © 1977, 189 pg..
- Benavides Livia, Villena Jorge, Iribarren Percy, "Informe de validación del INVENT", Lima: CEPIS, © 1994, 59 pg. más anexo gráfico.
- Camposortega Cruz Sergio, "El monto de la población", en Demos, anual, N° 7, ©1994, pg. 4,5 y 6.
- Careaga Juan Antonio, "Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes" México, D.F.: SEDESOL - INE, c. 1993, 160 pg..
- CONAPO, "El poblamiento de México" Tomo IV, México, D.F.: CONAPO, © 1993. pg. 215, 161.
- Cordero Garrido Luis y Cuadros García Santos, "Los Lodos" "en la Colección de Cuadernos de Divulgación en Materia de Residuos"; Madrid: Comunidad de Madrid Centro de Información y Documentación Consejería de Ordenación del Territorio medio Ambiente y Vivienda, © 1987. 56 pg.
- Corona Rodolfo, Tuirán Rodolfo, "Migración hacia las ciudades de tamaño intermedio", en Demos, anual, N° 7, ©1994, pg. 21,22.
- Cortinas de Nava Cristina, Vega Gleason Sylvia, "Residuos peligrosos en México y en el mundo", México, D.F.: SEDESOL, © 1993.
- Chadwick, G.F, "Una visión sistémica del planeamiento" Barcelona: G.Gilli, © 1980.
- Hilts E. Michael,
- Departamento del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Organización Panamericana para la Salud, Organización Mundial de la Salud, " Análisis Sectorial de los Residuos Sólidos en la Zona Metropolitana del Valle de México", México, D.F.: Documento fotocopiado, en la Dirección de Servicios Urbanos del D.D.F. © 1997.
- Durán Hernán, "Políticas para la gestión ambientalmente adecuada de los residuos: El caso de los residuos sólidos urbanos e industriales en Chile, a la luz de la experiencia internacional", Santiago: CEPAL, © 1994, circulación restringida en fotocopiado, 92 pg..
- Durán Ana Luz, "Análisis comparativo entre dos métodos de cuantificación de la producción de residuos industriales para cuatro países: Argentina, Colombia; Chile y Ecuador", Santiago: CEPAL, © 1991, circulación restringida en fotocopiado, 43 pg..

Estado de Veracruz, Secretaría de Desarrollo Urbano, Dirección General de Asuntos Ecológicos, "Estudio del Proyecto ejecutivo para el Relleno Sanitario Regional de las Ciudades de Poza Rica, Papantla y Coatzintla, Ver.", Jalapa: SDU, © 1994, 275 pg. más anexos.

Estado de Veracruz, Secretaría de Desarrollo Urbano, Dirección General de Asuntos Ecológicos, "Estudio del Proyecto ejecutivo para el Relleno Sanitario de Pánuco, Ver." Jalapa: SDU, © 1994, 170 pg. más anexos.

Estado de Veracruz, Secretaría de Desarrollo Urbano, Dirección General de Asuntos Ecológicos, "Estudio del Proyecto ejecutivo para el Relleno Sanitario Municipal de Chicontepec de Tejada, Ver." Jalapa: SDU, © 1994, 123 pg. más anexos.

García Rolando, "Estudio de sistemas complejos", en: "Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo" Leff. Enrique , Coord., México: Siglo XXI, © 1986. pg. 476.

Hairston, Deborah, "Keep on Truckin', With landfill space diminishing and waste increasing, where will the refuse go?", en Resources, The magazine of environmental management , Bimensual, Vol.14, No 2, © 1992, pg. 8-9-10-11.

Hilts E. Michael, "Recycling Technology; Chicago Takes Aim at a New State-of-the Art" Atlanta: Hilts ©1996, artículo publicado en Internet, pg. 7.

IPN- SEDUE - PIMADI, "Regionalización de la factibilidad Tecnológica para el desarrollo e implementación de rellenos sanitarios y/o sistemas de tratamiento de residuos sólidos en la República Mexicana" México, D.F.: SEDUE, © 1988.

Kokusai Kogyo Cia., Ltd., "Estudio sobre el manejo de los residuos sólidos para la ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos", (Borrador del informe final), México D.F.: Gobierno del Distrito Federal, © 1999, 119 pg.

Leff, Enrique. J.M. Montes, "Perspectiva ambiental del desarrollo", en: "Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo" Leff. Enrique , Coord., México: Siglo XXI, © 1986. pg. 476.

Maturana Humberto y Varela Francisco, "El árbol del conocimiento", Santiago: Editorial Universitaria, © 1984, 172 pg.

Medina Uribe Hortensia, "Definición de áreas metropolitanas". En Ciudades, N° 18, © 1993.

Mercado Alfonso, Domínguez Lilia Fernández Oscar, "Contaminación industrial en la ZMCM", México, D.F.: Comercio Exterior, ©1995 (Octubre).

Morales Reyes José Juan, "Sistemas de Tratamiento " en "Apuntes de la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería", México, D.F.: UNAM, ©1991.

OPS (Organización Panamericana de la Salud), "Guías para el desarrollo del sector de aseo urbano en Latinoamérica y el Caribe". España, Revista Conocer, © 1991.

Patel N.M., Edgcumbe D. "Some Observations on Municipal Solid Waste Management in Japan", Toronto: Crown, © 1992 , reporte realizado como parte del "Renewable Energy Research and Development Programme managed by Energy Technology Support Unit (ETSU)" (obtenido mediante Internet).

Restrepo Ivan, Phillips David, "La basura, consumo y desperdicio en el Distrito Federal", México D.F.: Instituto Nacional del Consumidor, © 1982, 193 pg..

Restrepo Ivan, Bernache Gerardo, Rathje William 1991, "Los demonios del consumo", México, D.F.: Centro de Ecodesarrollo, © 1991, 272, pg..

Sánchez Gómez Jorge, "Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas", México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología, © 1996, 223, pg..

Sánchez Gómez Jorge, "Diseño de rutas de recolección", México, D.F.: UNAM, Facultad de Ingeniería, © 1993, apuntes de los cursos sobre residuos sólidos, de la División de Estudios Continuos.

Secretaría de Ecología del Estado de México (1), "Estudio para la localización de terrenos que puedan ser destinados a la construcción de rellenos sanitarios, para disponer en forma conjunta de los residuos sólidos que se generen en la región I del Estado de México (Huixquilucan, Naucalpan, Jilotzingo, Atizapán, Tlanepantla, Nicolás Romero y Cuautitlán Izcalli)" 6 tomos, Toluca: Sec. de Ecol. © 1997.

Secretaría de Ecología del Estado de México (2), "Estudio para la localización de terrenos que puedan ser destinados a la construcción de rellenos sanitarios, para disponer en forma conjunta de los residuos sólidos que se generen en la región y II del Estado de México (Tultitlán, Coacalco, Ecatepec, Atenco, Texcoco, Acolman, Chiconcuac, Tecamac)" 6 tomos, Toluca: Sec. de Ecol. © 1997.

Secretaría de Ecología del Estado de México (3), "Estudio para la localización de terrenos que puedan ser destinados a la construcción de rellenos sanitarios, para disponer en forma conjunta de los residuos sólidos que se generen en la región Y del Estado de México (Chalco, Cocotitlán, Temamatla, Tlalmanalco, Tenango del Aire, Ayapango, Juchitepec, Amecameca, Ozumba, Atlautla, Tepetlixpa, Ecatingo)" 4 tomos, Toluca: Sec. de Ecol. © 1997.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Subsecretaría de Desarrollo Urbano, Dirección General de Infraestructura. "Diagnóstico y evaluación de la recolección y

disposición de residuos sólidos en ciudades medias. México D.F.: Publicación interna, © 1992, 321 pg..

Secretaría de Desarrollo Social "Manual para el Diseño de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Municipales", México, D.F.: Human Consultores, S.A. de C.V. © 1997, 49 pg..

Secretaría de Desarrollo Social "Programa Nacional de Desarrollo Urbano, 1995 – 2000", México, D.F.: DR, © 1996, 107 pg. más anexos.

Secretaría de Desarrollo Social, "Proyecto ejecutivo y estudio de impacto ambiental del relleno sanitario de Uriangato y Moroleón, Gto.". México, D.F.: SEDESOL, © 1996.

Secretaría de Desarrollo Social, Gobierno del Distrito Federal y Estado de México "Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México", México, D.F.: DR, © 1996, 208, pg..

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, "Plan Nacional de Desarrollo 1995 – 2000", México, D.F.: DR, © 1996, 177 pg..

Secretaría de Medioambiente Recursos Naturales y Pesca, "Programa de Medio Ambiente 1995 – 2000, México D.F.: SEMARNAP, © 1995, archivo electrónico de 1.38 MB, compactados.

Secretaría de Medioambiente Recursos Naturales y Pesca, "Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México, 1995-2000", México D.F.: SEMARNAP, © 1995, 165 pg..

UAM - SEDUE - INSEDUE, " Plan rector de tecnología aplicada al manejo de los residuos sólidos". México, D.F.: SEDUE, © 1985.

Unikel Luis, en colaboración con Crescencio Ruiz Chiapeto y Gustavo Garza Villarreal, "El desarrollo urbano de México: Diagnóstico e implicaciones futuras", México, D.F.: El Colegio de México, © 1978, 476 pg..

**ANEXO 1**  
**CUADROS**

**CIUDADES DE MÉXICO CON POBLACIÓN ENTRE 100,000 Y 1,000,000 DE HABITANTES  
(1900 -1990)**

	CIUDAD	1900	1910	1921	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
	<b>TASA DE CRECIMIENTO</b>		1.81	0.77	3.16	2.26	5.47	4.98	5.30	4.93	4.03
	<b>TOTAL POBLACIÓN</b>	749,325	896,900	975,360	1,289,824	1,610,849	2,742,874	4,457,790	7,473,878	12,091,467	17,946,428
	<b>AGUASCALIENTES</b>										
1	AGUASCALIENTES	35052	45198	48041	62244	82234	93363	126617	181277	300869	455234
	<b>BAJA CALIFORNIA</b>										
2	TIJUANA					16486	59950	152374	277306	429500	698752
3	MEXICALI					18775	64658	174540	263498	341559	438377
4	ENSENADA						18140	42561	77687	120483	169426
	<b>BAJA CALIFORNIA SUR</b>										
5	LA PAZ							24253	46011	91453	137641
	<b>CAMPECHE</b>										
6	CAMPECHE	17109	16775	16938	20125	23277	31279	43874	69506	128434	150518
7	<b>COAHUILA</b>										
8	TORREÓN		34271	50902	66001	101354	188238	258757	322557	506698	689212
9	SALTILLO	23996	35414	40451	45272	49430	69869	98839	161114	284937	437743
10	MONCLOVA						19018	43077	103895	148354	271887
	<b>COLIMA</b>										
11	COLIMA	20698	25148	28326	21117	22601	28658	43518	58450	103492	142844
12	<b>CHIAPAS</b>										
13	TUXTLA GUTIÉRREZ					15883	28260	41244	66851	131096	289626
14	TAPACHULA					15187	30027	41578	60620	85766	138858
	<b>CHIHUAHUA</b>										
15	CIUDAD JUÁREZ			19457	36669	48881	122566	252119	407370	544496	789522
16	CHIHUAHUA	30405	39706	37078	45595	56805	86961	150430	257027	385603	516153
	<b>DURANGO</b>										
17	DURANGO	31092	31763	39091	36330	33412	59496	97305	150541	257915	348036
18	GÓMEZ PALACIO		15997	20753	24042	25558	59262	78856	99453	150437	210685

CONTINUA

	CIUDAD	1900	1910	1921	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
	<b>GUANAJUATO</b>										
19	LEON	63263	57722	53639	69403	74155	122663	209870	392069	633945	810570
20	IRAPUATO	19640	21469	20657	29266	32377	49443	116431	177690	266841	444241
21	CELAYA	25565	23062	24035	24480	22766	34426	58851	79977	191614	278579
22	GUANAJUATO	41486	35682	19408	18135	23521	23389	28212	36809	48981	123936
	<b>GUERRERO</b>										
23	ACAPULCO						27913	49149	174378	301902	515374
24	CHILPANCINGO							18022	36193	82461	114244
	<b>HIDALGO</b>										
25	PACHUCA	37487	39009	40802	43023	53354	58650	64571	83892	110351	174013
	<b>MÉXICO</b>										
26	TOLUCA	25940	31023	34265	41234	43429	52968	77124	114079	248572	531581
	<b>MICHOACÁN</b>										
27	MORELIA	37278	40042	31148	39916	44304	63245	100828	161040	297544	428486
28	URUAPAN				16713	20583	31409	45727	82677	122828	187623
29	ZAMORA		15116			15447	23434	34572	57765	86998	145597
	<b>MORELOS</b>										
30	CUERNAVACA						30597	37144	134117	192770	459749
31	CUAUTLA									24153	139352
	<b>NAYARIT</b>										
32	TEPIC	15488	16778		13326	17547	24600	54069	87540	145741	206967
	<b>OAXACA</b>										
33	OAXACA	35049	38011	27792	33423	29306	46741	72370	99535	154223	261105
	<b>PUEBLA</b>										
34	TEHUACÁN					16278	23312	31897	47497	79547	139450
	<b>QUERÉTARO</b>										
35	QUERETARO	33152	33062	30073	32585	33629	49209	67674	112903	238421	416341
	<b>QUINTANA ROO</b>										
36	CANCUN									33273	174438
	<b>SAN LUIS POTOSÍ</b>										
37	SAN LUIS POTOSÍ	61019	68022	57353	74003	77161	125640	159980	230039	411544	612581

CONTINUA

	CIUDAD	1900	1910	1921	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
	<b>SINALOA</b>										
38	CULIACÁN			16034	18202	22025	48963	85024	167956	304826	415046
39	MAZATLÁN	17852	21219	25254	29380	32117	41459	75751	119553	199830	262705
	<b>SONORA</b>										
40	HERMOSILLO				19959	18601	43516	95978	176596	297175	406417
41	CIUDAD OBREGÓN						30981	67956	114407	165572	219980
42	GUAYMAS						18813	34865	82419	86381	123438
43	NOGALES						24480	37657	52108	65603	105873
	<b>TABASCO</b>										
44	VILLA HERMOSA			15819	15395	25114	33587	52262	99565	158216	261231
	<b>TAMAULIPAS</b>										
45	TAMPICO	16313	16528	44822	89847	110530	135416	176163	270414	427053	486960
46	REYNOSA						34076	74140	176401	249929	332755
47	MATAMOROS					15699	45737	92327	137749	188745	266055
48	NUEVO LAREDO				21636	28872	57669	92627	148862	201731	218413
49	CIUDAD VICTORIA			17124	17682	19513	31808	50797	83897	140161	194996
	<b>VERACRUZ</b>										
50	VERACRUZ	29164	48633	54225	67801	71720	101469	144681	214072	284822	447202
51	COATZACOALCOS						19503	37300	138150	256311	402085
52	XALAPA	20388	23640	27623	36812	39530	51166	66269	122377	233093	327730
53	ORIZABA	32393	35263	39563	50193	76825	55531	69706	111213	196455	216460
54	POZA RICA							19564	120462	186332	172232
55	CÓRDOBA				16200	17865	32733	47448	78495	114018	148481
	<b>YUCATÁN</b>										
56	MÉRIDA	46630	62447	79225	95015	96852	142838	170834	229615	424399	580483
	<b>ZACATECAS</b>										
57	ZACATECAS	32866	25900	15462	18800	21846	24254	31701	50251	105483	146484

CUADRO 1.

FUENTE: EXTRAIDO DE DATOS ELABORADOS POR CONAPO 1995.

**FORMACIÓN DE LAS METROPOLIS DE MÉXICO  
(1900 -1990)**

CIUDAD	1900	1910	1921	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
<b>TASA DE CRECIMIENTO</b>		<b>2.43</b>	<b>2.36</b>	<b>4.56</b>	<b>3.72</b>	<b>5.48</b>	<b>7.31</b>	<b>5.41</b>	<b>4.18</b>	<b>1.58</b>
<b>TOTAL</b>	<b>601,716</b>	<b>765,183</b>	<b>989,098</b>	<b>1,477,521</b>	<b>2,129,122</b>	<b>3,830,324</b>	<b>7,229,884</b>	<b>12,249,385</b>	<b>19,209,790</b>	<b>22,124,634</b>
<b>DISTRITO FEDERAL</b>										
CIUDAD DE MÉXICO	344721	471066	661708	1048970	1559782	2872334	5409119	8904068	13878912	15047685
<b>JALISCO</b>										
GUADALAJARA	101208	119468	143376	179556	240721	413313	851155	1480472	2244715	2978194
<b>NUEVO LEON</b>										
MONTERREY	62266	78528	88479	134202	190128	333392	680561	1223479	1988012	2603709
<b>PUEBLA</b>										
PUEBLA	93521	96121	95535	114793	138491	211285	289049	641366	1098151	1495046

CUADRO 2.

FUENTE: EXTRAIDO DE DATOS ELABORADOS POR CONAPO 1995.

## NORMAS MEXICANAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

CLAVE	NOMBRE Y OBJETO	FECHA DE D.O.F. (1)	REFERENCIA OTRAS NORMAS
NMX-AA-01-1984	<b>Terminología:</b> Establece un marco de referencia en cuanto a los términos más empleados en el ámbito de la prevención y control de la contaminación del suelo, originada por residuos sólidos.	23/07/87	NMX-AA-023 (2)
NMX-AA-01-1985	<b>Generación:</b> Establece el método para determinar la generación per - capita de residuos sólidos municipales, a partir un muestreo estadístico aleatorio.	8/08/85	NMX-AA-091 y NMX-AA-015
NMX-AA-15-1985	<b>Método de Cuarteo:</b> Es el método que permite obtener los especímenes para los análisis en el laboratorio de los residuos sólidos. Para aquellos residuos sólidos municipales de características homogéneas, no se requiere seguir el procedimiento descrito en esta norma.	18/03/85	NMX-AA-019, NMX-AA-022, NMX-AA-061 y NMX-AA-091.
NMX-AA-19-1985	<b>Peso Volumétrico "In Situ":</b> Establece un método para determinar el peso volumétrico (o densidad) de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo".	18/03/85	NMX-AA-91 y NMX-AA-015
NMX-AA-22-1985	<b>Selección y Cuantificación de Subproductos:</b> Establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los RSM.	16/03/85	NMX-AA-91, NMX-AA-015 y
NMX-AA-052-1985	<b>Preparación de muestras en el laboratorio para su análisis:</b> Establece el método de preparación de muestras en el laboratorio para su análisis.		NMX-AA-91 y NMX-AA-015.
NMX-AA-016-1984	<b>Determinación de humedad:</b> Mediante un método llamado estufa, la norma indica como calcular el contenido de humedad de los residuos	14/12/84	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-025-1984	<b>Determinación del PH con el método potenciométrico:</b> Establece un método para calcular el grado de acidez de los residuos.	14/12/84	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-018-1984	<b>Determinación de cenizas:</b> Establece el método de prueba para la determinación cenizas de los RSM.	14/12/84	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-021-1984	<b>Determinación de materia orgánica:</b> Establece el método para la determinación de materia orgánica en los RSM.	8/08/85	NMX-AA-91 y NMX-AA-052
NMX-AA-021-1984	<b>Determinación de nitrógeno total:</b> Establece el método Kjeldahl para determinar la cantidad de nitrógeno total contenido en los RSM.	14/12/84	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-031-1976	<b>Determinación de azufre en desechos sólidos:</b> Establece el método para la determinación de la cantidad de azufre transformado en ácido sulfúrico durante la combustión de desechos sólidos en el interior de una bomba calorimétrica, para fin de corrección.	2/08/76	NMX-AA-033.
NMX-AA-092-1976	<b>Determinación de azufre:</b> Establece el método para la determinación de azufre transformado en sulfato de sodio mediante el tostado de los residuos sólidos en presencia de oxilita.	14/12/84	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-032-1976	<b>Determinación del fósforo total en desechos sólidos (Método del fosfavanadomolibdato):</b> Establece el método fotométrico para la determinación de fósforo total contenido en los residuos sólidos.	14/12/84	NMX-AA-015
NMX-AA-033-1985	<b>Determinación poder calorífico superior:</b> Especifica un método de prueba para prue determinar el poder calorífico superior de los RSM.	8/08/85	NMX-AA-015.
NMX-AA-033-1985	<b>Determinación poder calorífico superior:</b> Especifica un método de prueba para determinar el poder calorífico superior de los RSM para planear y diseñar los sistemas adecuados de disposición final de los mismos.	8/08/85	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-094-1985	<b>Determinación del fósforo total:</b> Especifica un método de prueba para determinar el fósforo total contenido en los RSM y no es aplicable a productos que generan soluciones coloridas como las del tipo denominado escorias básicas.	4/11/85	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-080-1986	<b>Determinación de oxígeno en materia orgánica:</b> Especifica un método para la determinación del porcentaje de oxígeno en materia orgánica presente en RSM, para planear y diseñar sus sistemas de disposición final.	14/07/86	NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-068-1986	<b>Determinación de hidrógeno a partir de materia orgánica:</b> Especifica un método para la determinación del hidrógeno presente en los RSM, para planear y diseñar sus sistemas de disposición final.	14/04/86	NMX-AA-080, NMX-AA-91 y NMX-AA-052.
NMX-AA-067-1985	<b>Determinación de la relación carbono/nitrógeno:</b> Especifica un método para la determinación de la relación carbono/nitrógeno de los RSM para planear y diseñar sus sistemas de disposición final.	8/08/85	NMX-AA-080, NMX-AA-021, NMX-AA-91 y
NOM-083-ECOL-1996	<b>Condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales y es de observancia obligatoria.</b>	25/11/96	

(1) Diario Oficial de la Federación.

(2) Contaminación atmosférica y metrología.

(3) Industria Siderúrgica de Cribas de laboratorio para clasificación de materiales Granulares - Especificaciones

RSM: Residuos Sólidos Municipales

**Cuadro 3. Fuente: Diarios Oficiales de la Federación, de las fechas indicadas.**

**CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
POR FUENTE GENERADORA**

FUENTE	CLASIFICACIÓN	TIPO DE RESIDUO	DISPOSICIÓN FINAL	
HABITACIONALES	UNIFAMILIAR	NP	RS	
	PLURIFAMILIAR	NP	RS	
COMERCIALES	TIENDAS DE AUTOSERVICIO	NP	RS	
	TIENDAS DEPARTAMENTALES	NP	RS	
	LOCALES COMERCIALES	NP	RS	
	CENTROS DE ABASTO	NP	RS	
	MERCADOS ESTABLECIDOS	NP	RS	
	TIANGUIS	NP	RS	
LOCALES DE SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS (PÚBLICOS Y PRIVADOS)	OFICINAS PÚBLICAS (MUNICIPALES, ESTATALES, FEDERALES)	NP	RS	
	OFICINAS PRIVADAS	NP	RS	
	COMUNICACIONES (CORREOS, TELEGRAFOS, TELÉFONOS, INTERNET)	NP	RS	
	TERMINALES TERRESTRES	NP	RS	
	TERMINALES AÉREAS	NP	RS	
	RECLUSORIOS	NP	RS	
	PANTEONES	NP	RS	
	INSTALACIONES DE POLICÍA	NP	RS	
	CENTROS DEPORTIVOS	NP	RS	
	CENTROS EDUCATIVOS	NP	RS	
	CENTROS DE ESPECTÁCULOS Y RECREACIÓN Y REUNIÓN			
	CINES	NP	RS	
	TEATROS	NP	RS	
	ESTADIOS	NP	RS	
	CONVENCIONES	NP	RS	
	BIBLIOTECAS Y EMEROTECAS	NP	RS	
	HOTELES	NP	RS	
	RESTAURANTES, BARES, FUENTES DE SODA	NP	RS	
	EQUIPAMIENTOS HOSPITALARIOS	CENTROS MEDICOS Y HOSPITALARIOS	P Y NP	RS, I
		NIVEL 1	P Y NP	RS, I
NIVEL 2		P Y NP	RS, I	
NIVEL 3		P Y NP	RS, I	
LABORATORIOS		P Y NP	RS, I	
VETERINARIAS		P Y NP	RS, I	
DE LA VIA PÚBLICA	VIALIDADES	NP	RS	
	PARQUES	NP	RS	
	LUGARES ABIERTOS	NP	RS	
DE LA CONSTRUCCIÓN	OBRAS DE EDIFICACIÓN Y DEMOLICIÓN	P Y NP	RS, TI, T Y C	
INDUSTRIALES		P Y NP	RS, A, T Y C	
MINEROS		P Y NP	RS, A, T Y C	
AGROPECUARIOS		P Y NP	RS, R Y C	

**SIMBOLOGÍA**

NP: NO PELIGROSO (NORMALMENTE, PUES HASTA LOS DOMICILIOS PRODUCEN PELIGROSOS)

P: PELIGROSO

RS: RELLENO SANITARIO

TI: TIPO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

I: INCINERACIÓN O ALGÚN OTRO TRATAMIENTO

T: TRATAMIENTO

A: SITIO DE ALMACENAMIENTO INDUSTRIAL

C: CONFINAMIENTO

R: RECICLO O TRATAMIENTO IN SITU

NOTAS: 1) CUALQUIERA DE ESTAS FUENTES PUEDE ADEMÁS PRODUCIR RESIDUOS VOLUMINOSOS COMO SON EL MOBILIARIO Y EL EQUIPO, QUE ESTAN CONSIDERADOS NO PELIGROSOS, PERO SU DISPOSICIÓN FINAL NO ES EL RELLENO SANITARIO.

2) SE CALIFICA A VARIAS FUENTES GENERADORAS COMO PRODUCTORAS DE RESIDUOS NO PELIGROSOS, AUNQUE ES CONVENIENTE TENER EN CUENTA QUE, EVENTUALMENTE, TODAS PUEDEN PRODUCIRLOS.

**Cuadro 4.**

Fuente: Clasificación propia.

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR CIUDAD EN LA R. MEXICANA (87 Cd. encuesta SEDUE)

Nº	ESTADO	CIUDAD	MANTENIM. P.	TONELADA		KILÓGRAMO		TOTAL KILÓGRAMO
				DOM. TONEL.	NO DOM. TONEL.	TOTAL TONEL.	DOM. TONEL.	
1	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	635000	230	170	400	0.430	0.748
2		JESUS MARIA	13800	14	11	25	1.014	1.812
3	BAJA CALIFORNIA	MEXICALI	672271	288	314	600	0.500	1.048
4		TUJANA	742686	483	717	1200	0.650	1.616
5	BAJA CALIFORNIA SUR	CD. CONSTITUCIÓN	48900	20	8	28	0.409	0.573
6		LA PAZ	145597	106	5	111	0.728	0.762
7	CAMPECHE	CAMPECHE	151885	99	181	280	0.651	1.711
8		CIUDAD DEL CARMEN	95000	6	14	20	0.063	0.211
9	COAHUILA	CIUDAD ACUÑA	65800	36	76	112	0.645	2.007
10		FRONTERA	61463	62	24	86	1.009	1.399
11		MONCLOVA	170838	85	35	120	0.498	0.702
12		PIEDRAS NEGRAS	140000	38	52	90	0.271	0.643
13		RAMOS ARISPE	28128	20	20	40	0.711	1.422
14		TORREON	750000	450			0.600	
15		SALTILLO	428418	261	19	270	0.589	0.833
16	COLIMA	COLIMA	105730	80	120	200	0.757	1.892
17		MANZANILLO	67697	75	75	150	1.108	2.216
18		VILLA ALVAREZ	35877	24	17	41	0.669	1.143
19	CHAPAS	TAPACHULA	188940	123	57	180	0.651	0.953
20		TUXTLA GUTIÉRREZ	268054	173	227	400	0.650	1.503
21	CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	513790	411	239	650	0.800	1.266
22		DELICIAS	104026	45	45	90	0.433	0.865
23		CIUDAD JUÁREZ	1200000	285	401	686	0.238	0.572
24	DURANGO	DURANGO	348036	265	116	401	0.819	1.152
25	GUANAJUATO	SAN MIGUEL DE ALLENDE	52000	34	26	60	0.654	1.154
26		CELAYA	230000	160	10	170	0.696	0.739
27		GUANAJUATO	69233	45	45	90	0.650	1.300
28		IRAPUATO	363000	236	76	312	0.550	0.890
29		LEON	837555	655	194	849	0.782	1.014
30		SALAMANCA	154706	101	139	240	0.653	1.551
31	GUERRERO	ACAPULCO	562578	400	260	660	0.711	1.173
32		CHILPANCIAGO	142999	53	29	82	0.371	0.573
33		OTATULA - ZIHUATANEJO	56753	40	50	90	0.705	1.596
34	HDALGO	PACHUCA	190000	55	151	206	0.289	1.084
35	JALISCO	LAGOS DE MORENO	84910	85	15	110	1.119	1.295
36		PUERTO VALLARTA	100058	70	70	140	0.700	1.399
37	MÉXICO	TOLUCA	327865	350	250	600	1.068	1.830
38	MCCHOACÁN	APATZINGÁN	80824	53	7	60	0.655	0.741
39		JACONA	40581	26	34	60	0.641	1.479
40		CD. LAZARO CÁRDENAS	121830	100	100	200	0.822	1.644
41		MORELIA	471070	450	850	1300	0.955	2.760
42		URUAPAN	360000	200	160	360	0.556	1.000
43		ZAMORA	130326	85	55	140	0.652	1.074
44	MORELOS	CUERNAVACA	607344	402	88	490	0.862	0.807
45	NAVARRIT	TEPEC	214291	148	64	212	0.691	0.989
46	OAXACA	OAXACA	212943	113	115	228	0.531	1.071
47		SALINA CRUZ	125435	38	34	70	0.287	0.559
48		TUXTEPEC	145315	40	44	84	0.275	0.578
49	PUEBLA	PUEBLA	1054921	1380	525	1905	1.308	1.806
50		TEHUACÁN	110419	60	57	107	0.459	0.969
51	QUERÉTARO	CORREGIDORA	43428	31	11	42	0.714	0.967
52		QUERETARO	431347	400	100	500	0.927	1.159
53		SAN JUAN DEL RÍO	110000	40	20	60	0.384	0.545
54	QUINTANA ROO	CHETUMAL	140000	280	90	370	1.857	2.500
55		CANCUN	267000	230	220	450	0.861	1.685
56	SAN LUIS POTOSÍ	CD. VALLES	89060	40	30	70	0.449	0.786
57		SAN LUIS POTOSÍ	506057	344	406	750	0.680	1.482
58		SOLEDAD DE G. ZÁNCHEZ	135579	50			0.389	
59	SINALOA	LOS MOCHIS	320000	190	50	240	0.594	0.750
60		CULIACÁN	600000	500	235	735	0.833	1.225
61	SONORA	AGUA PRETA	55000	49			0.891	
62		CIUDAD OBREGÓN	414325	210	140	350	0.507	0.845
63		EMPALME	55000	60	60	120	1.091	2.182
64		GUAYMAS	170000	94	56	150	0.653	0.882
65		HERMOSILLO	426998	299	201	500	0.700	1.171
66		NOGALES	102124	70	130	200	0.685	1.958
67		SAN LUIS RIO COLORADO	130000	102	10	112	0.785	0.892
68	TAMAULIPAS	CD. MADERO	159644	144	268	412	0.902	2.681
69		CD. MANTE	93014	74	6	80	0.798	0.880
70		NATAMOROS	305000	305	175	480	1.000	1.574
71		REYNOSA	281.618	250	150	400	0.886	1.420
72		CD. RIO BRAVO	93931	66	9	75	0.703	0.798
73		TAMPICO	258054	269	81	350	1.042	1.356
74		CD. VICTORIA	250000	250	80	330	1.000	1.320
75	TLAXCALA	APIZACO	43963	28	74	102	0.641	2.336
76		STA. ANA	21808	12	18	30	0.550	1.376
77		TLAXCALA	35501	94	66	160	2.648	4.507
78	VERACRUZ	BÁNDERILLA	22044	6	3	9	0.227	0.363
79		MIXTLTLÁN	450000	100	65	165	0.222	0.367
80		ORZABA	107840	70	110	180	0.649	1.689
81		POZA RICA	184008	48	112	160	0.261	0.870
82		TUXPAN	93802	42	28	70	0.448	0.746
83	YUCATÁN	MÉRIDA	501606	271	36	307	0.540	0.612
84		PROGRESO	35280	15	131	146	0.425	4.138
85	ZACATECAS	FRESNILLO	120000	60	30	90	0.500	0.750
86		GUADALUPE	49913	30	20	50	0.601	1.002
87		ZACATECAS	108.528	60	100	160	0.563	1.474
TOTAL			20,826,064	14,226	9,692	23,369	0.683	1.175

CUADRO 5

Fuente: Datos de generación de la encuesta SEDUE de 1992 y cálculos propios

LISTA DE RECHAZO DE VALORES DE LA ENCUESTA SEDUE

N°	ESTADO	CIUDAD	HABITANTES N°	TON./DÍA	TON./DÍA	TOTAL	KG./H./DÍA	KG./H./DÍA	PIMADI	PIMADI
				DOM. TONS.	NO DOM. TONS.	TONS. SEDUE	DOM. SEDUE	TOTAL SEDUE	DOM. KG./H./DÍA	NO DOM. KG./H./DÍA
8	CAMPECHE	CIUDAD DEL CARMEN	95000	6	14	20	0.063	0.211	0.542	0.705
12	COAHUILA	PIEDRAS NEGRAS	140000	38	52	90	0.271	0.643		
14	COAHUILA	TORREON	750000	450	S/D	S/D	0.600	S/D		
23	CHIHUAHUA	CIUDAD JUÁREZ	1200000	285	401	686	0.238	0.572		
47	OAXACA	SALINA CRUZ	125435	36	34	70	0.287	0.558	0.464	0.557
48		TUXTEPEC	145315	40	44	84	0.275	0.578		
49	PUEBLA	PUEBLA	1054921	1380	525	1905	1.308	1.806	0.626	0.776
54	QUINTANA ROO	CHETUMAL	140000	260	90	350	1.857	2.500	0.667	0.767
58	SAN LUIS POTOSÍ	SOLEDAD DE G. ZÁNCHEZ.	135579	50	S/D	S/D	0.369	S/D		
61	SONORA	AGUA PRIETA	55000	49	S/D	S/D	0.891	S/D		
77	TAXCALA	TLAXCALA	35501	94	66	160	2.648	4.507		
78	VERACRUZ	BANDERILLA	22044	5	3	8	0.227	0.363		
79		MINATITLÁN	450000	100	65	165	0.222	0.367		
81		POZA RICA	184008	48	112	160	0.261	0.870		
84	YUCATÁN	PROGRESO	35,280	15	131	146	0.425	4.138		

4,568,083

CUADRO 6.

Fuentes: Datos de generación de la encuesta SEDUE de 1992, cálculos propios y datos de la encuesta PIMADI (Proyecto interdisciplinario de Medioambiente y del Desarrollo Integrado).

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CIUDADES MEDIAS DE LA R. MEXICANA (72 CASOS DE LA ENCUESTA SED

Nº	ESTADO	CIUDAD	HABITANTES (1)*	KG/DIA DOMICILIARIA	KG/DIA COMERCIAL	TOTAL KG COM + DOM	KG/DIA DOMIC CILIARIA	KG/DIA NO DOMI CILIARIA	KG/DIA TOTAL
1	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	535000	230000	170000	400000	0.430	0.318	0.748
2		JERUS MARIA	13800	14000	11000	25000	1.014	0.797	1.812
3	BAJA CALIFORNIA	MEXICALI	572271	286000	314000	600000	0.500	0.549	1.048
4		TIJUANA	742888	483000	717000	1200000	0.650	0.965	1.618
5	BAJA CALIFORNIA S.	CD. CONSTITUCIÓN	48900	20000	8000	28000	0.409	0.164	0.573
6		LA PAZ	145597	106000	5000	111000	0.728	0.034	0.762
7	CAMPECHE	CAMPECHE	151985	99000	161000	260000	0.651	1.059	1.711
8	COAHUILA	CIUDAD ACUÑA	55800	36000	78000	112000	0.845	1.362	2.007
9		FRONTERA	61463	62000	24000	86000	1.009	0.390	1.399
10		MONCLOVA	170838	85000	35000	120000	0.498	0.205	0.702
11		RAMOS ARISPE	28128	20000	20000	40000	0.711	0.711	1.422
12		SALTILLO	428416	251000	19000	270000	0.589	0.045	0.633
13	COLIMA	COLIMA	105730	80000	120000	200000	0.757	1.135	1.892
14		MANZANILLO	67697	75000	75000	150000	1.108	1.108	2.216
15		VILLA ÁLVAREZ	35877	24000	17000	41000	0.669	0.474	1.143
16	CHAPAS	TAPACHULA	188940	123000	57000	180000	0.651	0.302	0.953
17		TUXTLA GUTIÉRREZ	266054	173000	227000	400000	0.650	0.853	1.503
18	CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	513790	411000	239000	650000	0.800	0.465	1.265
19		DELICIAS	104026	45000	45000	90000	0.433	0.433	0.865
20	DURANGO	DURANGO	348038	285000	116000	401000	0.819	0.333	1.152
21	GUANAJUATO	SN. M. DE ALLENDE	52000	34000	26000	60000	0.654	0.500	1.154
22		CELAYA	230000	180000	10000	170000	0.696	0.043	0.739
23		GUANAJUATO	69233	45000	45000	90000	0.650	0.650	1.300
24		IRAPUATO	383000	236000	78000	312000	0.650	0.209	0.860
25		LEON	837555	655000	194000	849000	0.782	0.232	1.014
26		SALAMANCA	154708	101000	139000	240000	0.853	0.896	1.551
27	QUERRERO	ACAPULCO	562578	400000	260000	660000	0.711	0.482	1.173
28		CHILPANCIINGO	142998	53000	29000	82000	0.371	0.203	0.573
29		IXTAPA-ZIHUATANEJO	58753	40000	50000	90000	0.705	0.881	1.586
30	HIDALGO	PACHUCA	190000	55000	151000	206000	0.289	0.795	1.084
31	JALISCO	LAGOS DE MORENO	84910	95000	15000	110000	1.119	0.177	1.295
32		PUERTO VALLARTA	100058	70000	70000	140000	0.700	0.700	1.399
33	MÉXICO	TOLUCA	327865	350000	250000	600000	1.068	0.763	1.830
34	MICHOACÁN	APATZINGAN	80924	53000	7000	60000	0.655	0.097	0.741
35		JACOMA	40581	28000	34000	60000	0.641	0.838	1.479
36		CD. L. CÁRDENAS	121630	100000	100000	200000	0.822	0.822	1.644
37		MORELIA	471070	450000	850000	1300000	0.955	1.804	2.760
38		URUAPAN	360000	200000	160000	360000	0.556	0.444	1.000
39		ZAMORA	130328	85000	55000	140000	0.652	0.422	1.074
40	MORELOS	CUERNAVACA	607344	402000	88000	490000	0.562	0.145	0.807
41	NAYARIT	TEPIC	214291	148000	64000	212000	0.691	0.299	0.989
42	OAXACA	OAXACA	212943	113000	115000	228000	0.531	0.540	1.071
43	PUEBLA	TEHUACÁN	110419	50000	57000	107000	0.453	0.516	0.969
44	QUERÉTARO	CORREGIDORA	43428	31000	11000	42000	0.714	0.255	0.967
45		QUERÉTARO	431347	400000	100000	500000	0.927	0.232	1.159
46		SAN JUAN DEL RÍO	110000	40000	20000	60000	0.364	0.182	0.545
47	QUINTANA ROO	CANCUN	267000	230000	220000	450000	0.861	0.824	1.685
48	SAN LUIS POTOSÍ	CD. VALLES	89060	40000	30000	70000	0.449	0.337	0.786
49		SAN LUIS POTOSÍ	508057	344000	406000	750000	0.680	0.802	1.482
50	SINALOA	LOS MOCHEIS	320000	190000	50000	240000	0.594	0.156	0.750
51		CULIACÁN	600000	500000	235000	735000	0.833	0.392	1.225
52	SONORA	CIUDAD OBREGÓN	414325	210000	140000	350000	0.507	0.338	0.845
53		EMPALME	55000	60000	60000	120000	1.091	1.091	2.182
54		GUAYMAS	170000	84000	56000	150000	0.553	0.329	0.882
55		HERMOSILLO	426998	299000	201000	500000	0.700	0.471	1.171
56		NOGALES	102124	70000	130000	200000	0.685	1.273	1.958
57		SAN LUIS R. COLORADO	130000	102000	10000	112000	0.785	0.077	0.862
58	TAMAULIPAS	CD. MADERO	156844	144000	268000	412000	0.902	1.679	2.581
59		CD. MANTE	93014	74000	6000	80000	0.796	0.065	0.860
60		MATAMOROS	305000	305000	175000	480000	1.000	0.574	1.574
61		REYNOSA	281818	250000	150000	400000	0.888	0.533	1.420
62		CD. RIO BRAVO	93931	66000	9000	75000	0.703	0.096	0.798
63		TAMPIOCO	258054	289000	81000	350000	1.042	0.314	1.356
64		CD. VICTORIA	250000	250000	80000	330000	1.000	0.320	1.320
65	TLAXCALA	APIZACO	43683	28000	74000	102000	0.641	1.695	2.336
66		STA. ANA	21808	12000	18000	30000	0.550	0.825	1.376
67	VERACRUZ	ORIZABA	107840	70000	110000	180000	0.649	1.020	1.669
68		TUXPAN	93802	42000	28000	70000	0.448	0.299	0.746
69	YUCATÁN	MÉRIDA	501606	271000	36000	307000	0.540	0.072	0.612
70	ZACATECAS	FRESHILLO	120000	60000	30000	90000	0.500	0.250	0.750
71		GUADALUPE	49913	30000	20000	50000	0.601	0.401	1.002
72		ZACATECAS	108528	80000	100000	180000	0.553	0.821	1.474

Cuadro 7. TOTAL 16267981 11370000 8165000 19825000 0.672 0.502 1.201

Fuentes: Datos de la encuesta SEDUE de 1992 y cálculos propios.

(1)\* La población 1992 corresponde a la estimada por SEDUE para cada ciudad, apoyada por datos proporcionados por el ayuntamiento correspondiente en la encuesta

**GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR CIUDAD EN LA REPÚBLICA MEXICANA POR CIUDADES, REGIONES SEGÚN RANGOS DE TAMAÑO  
(72 CASOS DE LA ENCUESTA SEDUE)**

N°	ZONA ESTADO	CIUDAD	HABITANTES N°	TON./DÍA	TON./DÍA	TOTAL	RANGO	BAS. TOT	RANGO	BAS. TOT	RANGO	BAS. TOT	RANGO	BAS. TOT	RANGO	Kg/Hab/Día	Kg/Hab/Día	Kg/Hab/Día	Kg/Hab/Día
				DOMIC.	COMER.	TON./DÍA	<100000	TON./DÍA	A	>=100000	TON./DÍA	B	>=250000	TON./DÍA	C	<=500000	TON./DÍA	D	RANGO
				TON./DÍA	TON./DÍA	COM + DOM	Hebs	RANGO	A	<250000 Hab	RANGO	B	>=500000 Hab	RANGO	C	Hebs	D	RANGO	RANGO
<b>NORTE</b>																			
1	SINALOA	LOS MOCHIS	320000	190	50	240							320000	240					0.7500
2		CUJACÁN	600000	500	235	735							600000	735					1.2250
3	DURANGO	DURANGO	348036	285	116	401							348036	401					1.1522
4	BAJA CALIFORNIA	MEXICALI	572271	286	314	600							572271	600					1.0485
5		TIJUANA	742686	483	717	1200							742686	1200					1.6158
6	BAJA CALIFORNIA SU	CD CONSTITUCIÓN	48900	20	8	28	48900	28								0.5726			
7		LA PAZ	145597	106	5	111			145597	111							0.7624		
8	CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	513790	411	239	650							513790	650					1.2651
9		DELIAS	104026	45	45	90			104026	90							0.8652		
10	COAHUILA	CIUDAD ACUÑA	55800	36	76	112	55800	112								2.0072			
11		FRONTERA	61463	62	24	86	61463	86								1.3992			
12		MONCLOVA	170838	85	35	120			170838	120							0.7024		
13		RANOS ARISPE	28128	20	20	40	28128	40								1.4221			
14		SALTILLO	426418	251	19	270						426418	270						0.6332
15	SONORA	CIUDAD OBREGÓN	414325	210	140	350						414325	350						0.8447
16		EMPALME	55000	60	60	120	55000	120								2.1818			
17		GUAYMAS	170000	94	56	150			170000	150							0.8824		
18		HERMOSILLO	426998	299	201	500						426998	500						1.1710
19		NOGALES	102124	70	130	200			102124	200							1.9584		
20		SAN LUIS RIO COLORADO	130000	102	10	112			130000	112							0.8615		
<b>TOTALES</b>			<b>5436400</b>	<b>3516</b>	<b>2500</b>	<b>6115</b>	<b>249291</b>	<b>366</b>	<b>622586</b>	<b>783</b>	<b>1935777</b>	<b>1761</b>	<b>2426747</b>	<b>3185</b>	<b>1.5484</b>	<b>0.9619</b>	<b>0.9097</b>	<b>1.3114</b>	
<b>CENTRO NORTE</b>																			
21	ZACATECAS	FRESNILLO	120000	60	30	90						120000	90						0.7500
22		GUADALUPE	49913	30	20	50	49913	50								1.0017			
23		ZACATECAS	108528	60	100	160			108528	160							1.4743		
24	TAMAULIPAS	CD MADERO	159644	144	268	412			159644	412									2.5807
25		CD. MANTE	93014	74	6	80	93014	80								0.8601			
26		MATAMOROS	305000	305	175	480						305000	480						1.5738
27		REYNOSA	281618	250	150	400						281618	400						1.4204
28		CD RIO BRAVO	93931	66	9	75	93931	75								0.7985			
29		TAMPICO	258054	269	81	350						258054	350						1.3663
30		CD VICTORIA	250000	250	80	330			250000	330						1.3200			
31	COLIMA	COLIMA	105730	80	120	200			105730	200							1.8916		
32		MANZANILLO	67697	75	75	150	67697	150								2.2158			
33		VILLA ÁLVAREZ	35877	24	17	41	35877	41								1.1428			
34	NAYARIT	TEPIC	214291	168	64	232			214291	232							1.0826		

continua.....

35	GUANAJUATO	SAN MIGUEL DE ALLENDE	52000	34	26	60	52000	60										1.1538			
36		CELAYA	230000	160	10	170			230000	170									0.7391		
37		GUANAJUATO	69233	45	45	90	69233	90										1.9000			
38		IRAPUATO	363000	236	76	312				363000	312									0.8595	
39		LEON	837555	655	194	849					837555	849									1.0197
40		SALAMANCA	154706	101	139	240			154706	240											1.5513
41	JALISCO	LAGOS DE MORENO	84910	95	15	110	84910	110										1.2955			
42		PUERTO VALLARTA	100058	70	70	140			100058	140											1.3992
43	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	535000	230	170	400				535000	400										0.7477
44		JESUS MARIA	13800	14	11	25	13800	25													1.8116
45	SAN LUIS POTOSÍ	CD. VALLES	69060	40	30	70	69060	70													0.7860
46		SAN LUIS POTOSÍ	506057	344	406	750					506057	750									1.4820
	<b>TOTALES</b>		<b>5178676</b>	<b>3579</b>	<b>2387</b>	<b>6286</b>	<b>549435</b>	<b>751</b>	<b>1442957</b>	<b>1974</b>	<b>1207672</b>	<b>1542</b>	<b>1678612</b>	<b>1929</b>	<b>1.1564</b>	<b>1.3586</b>	<b>1.2765</b>	<b>1.0541</b>			
	<b>CENTRO</b>																				
47	HIDALGO	PACHUCA	190000	55	151	206			190000	206											1.0842
48	QUERÉTARO	CORREGIDORA	43428	31	11	42			43428	42											0.9671
49		QUERÉTARO	431347	400	100	500				431347	500										1.1592
50		SAN JUAN DEL RÍO	110000	40	20	60			110000	60											0.5456
51	PUEBLA	TEHUACÁN	110419	50	57	107			110419	107											0.9690
52	MÉXICO	TOLUCA	327865	350	250	600				327865	600										1.6300
53	MORELOS	CUERNAVACA	607344	402	88	490				607344	490										0.8068
54	TLAXCALA	APIZACO	43663	28	74	102	43663	102													2.3361
55		STA ANA	21808	12	18	30	21808	30													1.3756
	<b>TOTALES</b>		<b>1985874</b>	<b>1368</b>	<b>763</b>	<b>2137</b>	<b>65471</b>	<b>132</b>	<b>463847</b>	<b>415</b>	<b>758212</b>	<b>1100</b>	<b>607344</b>	<b>490</b>	<b>2.0162</b>	<b>0.9144</b>	<b>1.4489</b>	<b>0.8068</b>			
	<b>SUR</b>																				
56	MICH-OACÁN	APATZINGÁN	80924	53	7	60	80924	60													0.7414
57		JACONA	40581	28	34	60	40581	60													1.4785
58		CD. LAZARO CÁRDENAS	121630	100	100	200			121630	200											1.6443
59		MORELIA	471070	450	650	1300			471070	1300											2.7597
60		URUAPAN	360000	200	160	360			360000	360											1.0000
61		ZAMORA	130326	85	55	140			130326	140											1.0742
62	OAXACA	OAXACA	212943	113	115	228			212943	228											1.0707
63	CHIAPAS	TAPACHULA	188940	123	57	180			188940	180											0.9527
64		TUXTLA GUTIÉRREZ	266054	173	277	400				266054	400										1.5035
65	GUERRERO	ACAPULCO	562578	400	280	680				562578	680										1.1732
66		CHILPANCIINGO	142999	53	29	82			142999	82											0.5734
67		IXTAPA - ZIHUATANEJO	56753	40	50	90	56753	90													1.5856
	<b>TOTALES</b>		<b>2634798</b>	<b>1816</b>	<b>1944</b>	<b>3760</b>	<b>178258</b>	<b>210</b>	<b>796838</b>	<b>830</b>	<b>1097124</b>	<b>2060</b>	<b>562578</b>	<b>660</b>	<b>1.1781</b>	<b>1.0416</b>	<b>1.8776</b>	<b>1.1732</b>			
	<b>SURESTE</b>																				
68	CAMPECHE	CAMPECHE	151985	99	161	260			151985	260											1.7107
69	VERACRUZ	ORIZABA	107840	70	110	180			107840	180											1.6691
70		TUXPAN	93802	42	28	70	93802	70													0.7483
71	YUCATAN	MÉRIDA	501606	271	36	307				501606	307										0.6120
72		QUINTANA ROO	267000	230	220	450				267000	450										1.6854
	<b>TOTALES</b>		<b>1122233</b>	<b>712</b>	<b>565</b>	<b>1267</b>	<b>93802</b>	<b>70</b>	<b>259825</b>	<b>440</b>	<b>267000</b>	<b>450</b>	<b>501606</b>	<b>307</b>	<b>0.7463</b>	<b>1.6934</b>	<b>1.6854</b>	<b>0.6120</b>			

Cuadro 8.

16,257,981 11,390 8,156 19,545 1,236,257 1,549 3,776,052 4,442 5,266,785 6,913 5,978,887 6,641 1,2530 1,1764 1,3126 1 1107

Fuente: Cálculos propios a partir de la encuesta SEDUE de 1992.

**RESIDUOS TOTALES POR HABITANTE DÍA POR ZONAS DE POBLACIÓN  
SEGUN RANGOS DE TAMAÑO  
(72 CASOS DE LA ENCUESTA SEDUE)**

REGIÓN	<100000 Habs KG/HAB/DIA	>=100000 <250000 Hab. KG/HAB/DIA	>=250000 <500000 Hab. KG/HAB/DIA	>=500000 Habs KG/HAB/DIA	TOTAL ZONAS KG/HAB/DIA
NORTE	1.5484	0.9519	0.9097	1.3114	1.1248
CEN. NORTE	1.1564	1.3680	1.2768	1.0641	1.2100
CENTRO	2.0162	0.9144	1.4489	0.8068	1.1332
SUR	1.1781	1.0416	1.8776	1.1732	1.4271
SUR ESTE	0.7463	1.6934	1.6854	0.6120	1.1290
TOTAL RANGOS	1.2530	1.1764	1.3126	1.1107	1.2022

Cuadro 9.

Fuente: Cálculos propios a partir de la encuesta SEDUE de 1992.

**REPORTE PIMADI DE VALORES PROMEDIO POR ZONAS  
DE GENERACIÓN DOMICILIARIA DE RESIDUOS SÓLIDOS  
EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

ZONA	KG/HAB./DÍA DOMICILIARIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
FRONTERIZA	0.5689	0.164
NORTE	0.5550	0.269
CENTRO	0.4860	0.203
SUR	0.5490	0.240
PROMEDIO	0.5397	0.219

Cuadro 10.

Fuente: PIMADI 1987.

COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR CIUDAD EN LA REPÚBLICA MEXICANA  
(45 CIUDADES DE LA ENCUESTA SEDUE)

Nº	ESTADO	CIUDAD	HABITANTES Nº	PAPEL Y	ALIMEN-	VORSO	METAL	RESIDUOS	PLAS-	OTROS	TOTAL	PAPEL Y	ALIMEN-	VORSO	METAL	RESIDUOS	PLAS-	OTROS
				CARTÓN	TOS	TONE	TONE	DE JARDÍN	TICO	TONE	TONE	TONE	TONE	CARTÓN	TOS	TONE	TONE	TONE
				TONE	TONE	TONE	TONE	TONE	TONE	TONE	TONE	%	%	%	%	%	%	%
1	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	535,000	52.00	155.00	24.00	8.00	4.00	28.00	128.00	400.00	13.00	39.00	6.00	2.00	1.00	7.00	32.00
2		JERUSALÉN	13,800	3.75	10.00	1.25	1.25	2.50	5.00	1.25	25.00	15.00	40.00	5.00	10.00	20.00	20.00	5.00
3	BAJA CALIFORNIA SUR	CD. CONSTITUCIÓN	48,900	8.40	1.12	1.12	0.00	8.40	5.60	3.36	28.00	30.00	4.00	4.00	0.00	30.00	20.00	12.00
4		LA PAZ	145,587	16.85	67.71	4.44	4.44	0.00	7.77	8.99	111.00	15.00	61.00	4.00	4.00	0.00	7.00	8.00
5	CAMPECHE	CAMPECHE	151,985	52.00	130.00	26.00	26.00	0.00	26.00	0.00	260.00	20	50	10	10	0	10	0
6	COAHUILA	CIUDAD AGUIA	55,800	21.28	54.88	8.96	11.20	4.48	4.48	6.72	112.00	18	49	8	10	4	4	8
7		RAMOS ARISPE	28,128	6.00	20.00	1.20	0.40	2.00	3.20	7.20	40.00	15	50	3	1	5	8	18
8	CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	513,730	125.50	182.00	45.50	45.50	189.00	79.00	6.50	650.00	18	28	7	7	28	12	1
9		DELICIAS	104,026	18.00	9.00	4.50	4.50	22.50	9.00	22.50	90.00	20	10	5	5	25	10	25
10	DURANGO	DURANGO	348,038	100.25	52.13	36.09	18.04	20.05	20.05	156.38	401.00	25.00	13.00	9.00	4.00	5.00	5.00	39.00
11	GUANAJUATO	SAN MIGUEL DE ALLENDE	52,000	18.00	12.00	3.00	6.00	9.00	12.00	0.00	80.00	30.00	20.00	5.00	10.00	15.00	20.00	0.00
12		CELAYA	230,000	10.20	56.10	10.20	3.40	22.10	8.80	81.20	170.00	6.00	38.00	6.00	2.00	13.00	4.00	36.00
13	GUERRERO	ACAPULCO	562,578	92.40	297.00	33.00	33.00	99.00	66.00	39.60	660.00	14	45	5	5	15	10	6
14		CHILPANCIÑO	142,989	10.66	50.84	2.46	1.84	4.92	3.28	8.20	92.00	13	62	3	2	6	4	10
15		XITAPA - ZIHUATANEJO	56,753	27.00	27.00	4.50	4.50	13.50	9.00	4.50	90.00	30	30	5	5	15	10	5
16	HIDALGO	PACHUCA	190,000	30.90	119.48	8.24	6.18	12.36	10.30	18.54	295.00	15	68	4	3	6	5	9
17	JALISCO	LAGOS DE MORENO	84,910	9.90	88.20	3.30	3.30	8.80	3.30	13.20	110.00	9	62	3	3	8	3	12
18		PUERTO VALLARTA	100,058	8.40	16.80	14.00	16.80	21.00	7.00	56.00	140.00	6.00	12.00	10.00	12.00	15.00	5.00	40.00
19	MÉXICO	TOLUCA	327,885	60.00	312.00	18.00	90.00	90.00	60.00	30.00	600.00	10.00	52.00	3.00	5.00	15.00	10.00	5.00
20	MICHOACÁN	JACONA	40,581	12.00	9.00	6.00	9.00	6.00	12.00	6.00	80.00	20.00	15.00	10.00	15.00	10.00	20.00	10.00
21		CD. LAZARO CÁRDENAS	121,630	60.00	40.00	20.00	20.00	40.00	20.00	0.00	200.00	30	20	10	10	20	10	0
22		URUAPAN	390,000	90.00	108.00	18.00	18.00	36.00	54.00	36.00	360.00	25	20	6	5	10	15	10
23	MORELOS	GUERNAVACA	607,344	88.20	230.30	28.40	9.80	58.80	29.40	44.10	490.00	18	47	6	2	12	6	9
24	OAXACA	OAXACA	212,943	45.60	107.16	11.40	13.68	18.24	18.24	13.68	228.00	20	47	5	6	8	8	6
25	PUEBLA	TEHUACÁN	110,419	17.12	56.71	5.35	3.21	2.14	7.49	14.98	107.00	16	53	5	3	2	7	14
26	QUERÉTARO	QUERÉTARO	431,347	150.00	25.00	40.00	35.00	10.00	200.00	40.00	500.00	30.00	5.00	8.00	7.00	2.00	40.00	8.00
27		SAN JUAN DEL RÍO	110,000	12.00	6.00	3.00	3.00	3.00	18.00	15.00	80.00	20.00	10.00	5.00	5.00	5.00	30.00	25.00
28	QUINTANA ROO	CANCÚN	287,000	54.00	184.50	49.50	49.50	40.50	31.50	40.50	450.00	12.00	41.00	11.00	11.00	9.00	7.00	8.00
29	SINALOA	CULIACÁN	600,000	58.80	88.20	36.75	14.70	22.05	22.05	492.45	735.00	8	12	5	2	3	3	67
30	SONORA	CIUDAD OBREGÓN	414,325	154.00	105.00	7.00	3.50	10.50	63.00	7.00	350.00	44	30	2	1	3	18	2
31		EMPALME	55,000	48.00	24.00	1.20	2.40	18.00	12.00	14.40	120.00	40	20	1	2	15	10	12
32		GUAYMAS	170,000	70.50	48.00	6.00	1.50	4.50	18.00	1.80	150.00	47	32	4	1	3	12	1
33		NOGALES	102,124	52.00	94.00	4.00	4.00	0.00	30.00	16.00	200.00	26	47	2	2	0	15	8
34		SAN LUIS RIO COLORADO	190,000	38.20	18.80	1.12	6.72	14.56	20.16	13.44	112.00	35	15	1	6	13	18	12
35	TAMAULIPAS	CD. MADERO	159,644	49.44	263.68	20.80	0.00	20.80	20.80	37.08	412.00	12	64	5	0	5	5	9
36		CD. MANTE	93,014	8.00	46.80	3.20	0.80	3.20	3.20	12.80	80.00	10.00	62.00	4.00	0.00	4.00	4.00	16.00
37		TAMPICO	258,054	17.50	297.50	10.50	3.50	0.00	3.50	17.50	350.00	5.00	85.00	3.00	1.00	0.00	1.00	5.00
38		CD. VICTORIA	250,000	16.50	247.50	6.80	3.30	16.50	16.50	22.10	390.00	5.00	75.00	2.00	1.00	5.00	5.00	7.00
39	VERACRUZ	BANDERILLA	22,044	2.40	0.80	0.40	0.00	0.00	1.60	2.80	8.00	30	10	5	0	0	20	35
40		ORIZABA	107,840	72.00	18.00	3.80	5.40	1.80	63.00	16.20	180.00	40	10	2	3	1	35	9
41		POZA RICA	184,008	14.40	62.40	3.20	3.20	8.00	6.40	62.40	160.00	9	39	2	2	5	4	39
42	YUCATÁN	MÉRIDA	501,606	48.05	104.38	46.05	21.48	3.07	21.48	84.47	307.00	15	34	15	7	1	7	21
43	ZACATECAS	FRESNILLO	120,000	27.00	18.00	13.50	4.50	7.20	13.50	6.30	90.00	30	20	15	5	8	15	7
44		GUADALUPE	48,913	12.50	7.50	10.00	2.50	5.00	10.00	2.50	50.00	25	15	20	5	19	20	5
45		ZACATECAS	108,528	32.00	20.80	14.40	25.60	11.20	32.00	24.00	160.00	20	13	9	16	7	20	15
TOTAL			9,278,589	1,918.50	3,875.09	620.53	485.65	874.47	1,112.41	1,597.35	10,484.00	18.30	36.96	5.92	4.63	8.34	10.61	15.24

Cuadro 14.

Fuente: Encuesta SEDUE 1992.

**COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR ZONA Y CIUDAD EN LA REPÚBLICA MEXICANA**  
(45 CIUDADES DE LA ENCUESTA SEDUE)

Nº	ESTADO	CIUDAD	HABITANTES Nº	PAPER Y			RESIDUOS			OTROS			PAPER Y			RESIDUOS			OTROS		
				CARTÓN TONEL.	ALBEM- TOS TONEL.	VORRO TONEL.	DE JARDÍN TONEL.	PLAS- TICO TONEL.	OTROS TONEL.	CARTÓN %	ALBEM- TOS %	VORRO %	DE JARDÍN %	PLAS- TICO %	OTROS %	CARTÓN %	ALBEM- TOS %	VORRO %	DE JARDÍN %	PLAS- TICO %	OTROS %
<b>NORTE</b>																					
1	SINALOA	CULIACÁN	600,000.00	58.80	88.20	38.75	14.70	22.05	22.05	492.45	735.00	8.00	12.00	5.00	2.00	3.00	3.00	67.00			
2	BAJA CALIFORNIA SUR	CD. CONSTITUCIÓN	48,900.00	8.40	1.12	1.12	0.00	8.40	5.60	3.36	28.00	30.00	4.00	4.00	0.00	30.00	20.00	12.00			
3		LA PAZ	145,587.00	16.68	67.71	4.44	4.44	0.00	7.77	9.99	111.00	15.00	61.00	4.00	4.00	0.00	7.00	8.00			
4	COAHUILA	CIUDAD ACUÑA	55,800.00	21.28	54.88	8.96	11.20	4.48	4.48	6.72	112.00	19.00	49.00	8.00	10.00	4.00	4.00	6.00			
5		RAMOS ARISPE	28,128.00	6.00	20.00	1.20	0.40	2.00	3.20	7.20	40.00	15.00	50.00	3.00	1.00	5.00	8.00	18.00			
6	CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	513,790.00	123.50	182.00	45.50	45.50	189.00	73.00	6.50	650.00	19.00	28.00	7.00	7.00	29.00	12.00	1.00			
7		DELICIAS	104,028.00	18.00	9.00	4.50	4.50	22.50	9.00	22.50	90.00	20.00	10.00	5.00	5.00	25.00	10.00	25.00			
8	DURANGO	DURANGO	348,038.00	100.25	52.13	36.09	16.04	20.05	20.05	156.39	401.00	25.00	13.00	9.00	4.00	5.00	5.00	39.00			
9	SONORA	CIUDAD OBRERÓN	414,328.00	154.00	105.00	7.00	3.50	10.50	63.00	7.00	350.00	44.00	30.00	2.00	1.00	3.00	18.00	2.00			
10		EMPALME	55,000.00	48.00	24.00	1.20	2.40	18.00	12.00	14.40	120.00	40.00	20.00	1.00	2.00	15.00	10.00	12.00			
11		GUAYMAS	170,000.00	70.50	48.00	6.00	1.50	4.50	18.00	1.50	150.00	47.00	32.00	4.00	1.00	3.00	12.00	1.00			
12		NOGALES	102,124.00	52.00	94.00	4.00	4.00	0.00	30.00	16.00	200.00	26.00	47.00	2.00	2.00	0.00	15.00	8.00			
13		SAN LUIS RIO COLORADO	130,000.00	39.20	16.80	1.12	6.72	14.56	20.16	13.44	112.00	35.00	15.00	1.00	6.00	13.00	18.00	12.00			
		<b>TOTALES</b>	<b>2,716,726.00</b>	<b>716.68</b>	<b>762.84</b>	<b>167.88</b>	<b>114.90</b>	<b>296.04</b>	<b>293.31</b>	<b>767.46</b>	<b>3,099.00</b>	<b>23.12</b>	<b>24.62</b>	<b>5.09</b>	<b>3.71</b>	<b>9.66</b>	<b>9.46</b>	<b>24.44</b>			
<b>CENTRO NORTE</b>																					
14	ZACATECAS	FRESNILLO	120,000.00	27.00	18.00	13.50	4.50	7.20	13.50	6.30	90.00	30.00	20.00	15.00	5.00	8.00	15.00	7.00			
15		GUADALUPE	49,813.00	12.60	7.50	10.00	2.60	5.00	10.00	2.60	50.00	25.00	15.00	20.00	5.00	10.00	20.00	5.00			
16		ZACATECAS	108,528.00	32.00	20.80	14.40	25.60	11.20	32.00	24.00	160.00	20.00	13.00	9.00	16.00	7.00	20.00	15.00			
17	TAMAULIPAS	CD. MAZATLÁN	159,844.00	48.44	263.68	20.60	0.00	20.60	20.60	37.08	412.00	12.00	64.00	5.00	0.00	6.00	5.00	9.00			
18		CD. MANTE	93,014.00	8.00	49.60	3.20	0.00	3.20	3.20	12.80	80.00	10.00	62.00	4.00	0.00	4.00	4.00	16.00			
19		TAMPICO	258,054.00	17.50	297.50	10.50	3.50	0.00	3.50	17.50	350.00	5.00	85.00	3.00	1.00	0.00	1.00	5.00			
20		CD. VICTORIA	250,000.00	16.50	247.50	6.60	3.30	16.50	16.50	23.10	330.00	5.00	75.00	2.00	1.00	5.00	5.00	7.00			
21	GUANAJUATO	SAN MIGUEL DE ALLENDE	52,000.00	18.00	12.00	3.00	6.00	9.00	12.00	0.00	60.00	30.00	20.00	5.00	10.00	15.00	20.00	0.00			
22		CELAYA	230,000.00	10.20	56.10	10.20	3.40	22.10	6.80	61.20	170.00	6.00	33.00	6.00	2.00	13.00	4.00	36.00			
23	JALISCO	LAGOS DE MORENO	84,910.00	9.90	68.20	3.30	3.30	8.80	3.90	13.20	110.00	9.00	82.00	3.00	3.00	8.00	3.00	12.00			
24		PUERTO VALLARTA	100,058.00	8.40	16.80	14.00	18.80	21.00	7.00	56.00	140.00	6.00	12.00	10.00	12.00	15.00	5.00	40.00			
25	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	535,000.00	52.00	156.00	24.00	8.00	4.00	28.00	128.00	400.00	13.00	38.00	6.00	2.00	1.00	7.00	32.00			
		<b>TOTALES</b>	<b>2,041,121.00</b>	<b>281.44</b>	<b>1,213.68</b>	<b>133.30</b>	<b>76.90</b>	<b>128.60</b>	<b>186.40</b>	<b>381.68</b>	<b>2,362.00</b>	<b>11.12</b>	<b>51.60</b>	<b>6.67</b>	<b>3.27</b>	<b>6.47</b>	<b>6.66</b>	<b>16.23</b>			
<b>CENTRO</b>																					
26	HIDALGO	PACHUCA	190,000.00	30.90	119.46	8.24	6.18	12.36	10.30	18.54	206.00	15.00	58.00	4.00	3.00	6.00	5.00	9.00			
27	QUERÉTARO	QUERÉTARO	431,347.00	150.00	25.00	40.00	35.00	10.00	200.00	40.00	500.00	30.00	5.00	6.00	7.00	2.60	40.00	8.00			
28		JESUS MARIA	13,800.00	3.75	10.00	1.25	1.25	2.50	5.00	1.25	25.00	15.00	40.00	5.00	5.00	10.00	20.00	5.00			
29		SAN JUAN DEL RÍO	110,000.00	12.00	6.00	3.00	3.00	3.00	18.00	15.00	80.00	20.00	10.00	5.00	5.00	30.00	25.00				
30	PUEBLA	TENUACÁN	110,419.00	17.12	56.71	5.35	3.21	2.14	7.49	14.98	107.00	16.00	53.00	5.00	3.00	2.00	7.00	14.00			
31	MÉXICO	TOLUCA	327,866.00	80.00	312.00	18.00	30.00	90.00	60.00	30.00	600.00	10.00	52.00	3.00	5.00	15.00	10.00	5.00			
32	MORELOS	CUERNAVACA	607,344.00	88.20	230.30	29.40	9.80	58.80	29.40	44.10	490.00	19.00	47.00	6.00	2.00	12.00	6.00	9.00			
		<b>TOTALES</b>	<b>1,790,775.00</b>	<b>381.97</b>	<b>759.49</b>	<b>106.24</b>	<b>88.44</b>	<b>178.80</b>	<b>330.19</b>	<b>163.87</b>	<b>1,888.00</b>	<b>18.21</b>	<b>38.20</b>	<b>5.29</b>	<b>4.45</b>	<b>8.99</b>	<b>16.61</b>	<b>8.24</b>			
<b>SUR</b>																					
33	OAXACA	OAXACA	212,943.00	45.60	107.16	11.40	13.68	18.24	18.24	13.68	228.00	20.00	47.00	5.00	6.00	8.00	3.00	6.00			
34	GUERRERO	ACAPULCO	562,578.00	92.40	297.00	33.00	33.00	99.00	66.00	39.60	660.00	14.00	45.00	5.00	5.00	15.00	10.00	6.00			
35		CHILPANCIÑO	142,999.00	10.66	50.84	2.46	1.64	4.92	3.28	8.20	82.00	13.00	62.00	3.00	2.00	6.00	4.00	10.00			
36		IXTAPA - ZIHUATANEJO	56,753.00	27.00	27.00	4.50	4.50	13.50	9.00	4.50	90.00	30.00	30.00	5.00	5.00	15.00	10.00	5.00			

continúa...

37	NICHOACÁN	JACONA	40,581.00	12.00	9.00	8.00	9.00	6.00	12.00	6.00	60.00	20.00	15.00	10.00	15.00	10.00	20.00	10.00	
38		CD. LAZARO CÁRDENAS	121,630.00	50.00	40.00	20.00	20.00	40.00	20.00	0.00	200.00	30.00	20.00	10.00	10.00	20.00	10.00	0.00	
39		URUAPAN	360,000.00	90.00	108.00	18.00	18.00	36.00	54.00	36.00	360.00	25.00	30.00	3.00	5.00	10.00	15.00	10.00	
	TOTALES		1,497,484.00	337.66	639.00	95.36	99.82	217.66	182.52	107.98	1,680.00	20.10	33.04	6.68	6.94	12.96	10.66	6.43	
	SURESTE																		
40	CAMPECHE	CAMPECHE	151,985.00	52.00	130.00	26.00	26.00	0.00	26.00	0.00	260.00	20.00	50.00	10.00	10.00	0.00	10.00	0.00	
41	QUINTANA ROO	CANCUN	287,000.00	64.00	184.50	49.50	49.50	40.50	31.50	40.50	450.00	12.00	41.00	11.00	11.00	9.00	7.00	9.00	
42	VERACRUZ	BANDERILLA	22,044.00	2.40	0.80	0.40	0.00	0.00	1.60	2.80	8.00	30.00	10.00	5.00	0.00	0.00	20.00	35.00	
43		ORIZABA	107,840.00	72.00	18.00	3.60	5.40	1.80	83.00	16.20	180.00	40.00	10.00	2.00	3.00	1.00	35.00	9.00	
44		POZA RICA	184,008.00	14.40	82.40	3.20	3.20	8.00	6.40	62.40	160.00	9.00	39.00	2.00	2.00	5.00	4.00	39.00	
45	YUCATÁN	MÉRIDA	501,606.00	48.06	104.38	46.05	21.49	9.07	21.49	64.47	307.00	15.00	34.00	15.00	7.00	1.00	7.00	21.00	
	TOTALES		1,234,483.00	240.86	800.08	128.76	106.59	63.37	149.99	186.37	1,366.00	17.64	36.64	9.43	7.74	3.91	10.89	13.65	
	TOTAL GENERAL		9,279,689.00	1,918.60	3,876.09	620.63	485.66	874.47	1,112.41	1,697.36	10,484.00	18.30	36.96	6.92	4.63	8.34	10.61	16.24	

Cuadro 15.

Fuente: Encuesta SEDUE 1992, y cálculos propios.

CONCENTRADO DE % DE COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR ZONA  
EN LA REPÚBLICA MEXICANA

ZONA	PAPEL Y CARTON %	ALMIRN- TOS %	VIDRIO %	METAL %	JARDÍN %	PLÁS- TICO %	OTROS %
NORTE	23.12	24.62	5.09	3.71	9.55	9.46	24.44
CENTRO NORTE	11.12	51.60	5.67	3.27	5.47	6.65	16.23
CENTRO	18.21	38.20	5.29	4.45	8.99	16.61	8.24
SUR	20.10	38.04	5.68	5.94	12.96	10.86	6.43
SUR ESTE	17.64	36.64	9.43	7.74	3.91	10.99	13.65
TOTAL	18.30	36.96	5.92	4.63	8.34	10.61	16.24

Cuadro 16.

Fuente: Encuesta SEDUE y cálculos propios.

**PESOS VOLUMÉTRICOS POR FUENTE GENERADORA**

FUENTE	P. VOLUMÉTRICO (KG/MS)
UNIFAMILIAR, PLURIFAMILIAR	288
TIENDAS DE AUTOSERVICIO	148
TIENDAS DEPARTAMENTALES	113
LOCALES COMERCIALES	209
ALMACENAMIENTO Y ABASTO	139
RESTAURANTES Y BARES	324
SERVICIOS PÚBLICOS	88
HOTELES Y MOTeles	144
ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS	84
CENTROS DE ESPECTÁCULOS Y RECR.	73
OFICINAS PÚBLICAS Y PRIVADAS	80
UNIDADES MÉDICAS	130
LABORATORIOS	196
VETERINARIAS	157
TRANSPORTE TERRESTRE	122
TRANSPORTE AÉREO	142
CENTROS DE READAPTACIÓN SOCIAL	217
ESPACIOS ABIERTOS	117
VÍA PÚBLICA	768

Cuadro 19.

Fuente: Dirección de Desechos Sólidos y Dirección de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal, 1977.

**PLANTAS DE SELECCIÓN DE RECICLABLES DEL DISTRITO FEDERAL**

CONCEPTO	BORDO PONIENTE	SAN JUAN DE ARAGÓN	SANTA CATARINA
Area del sitio	9,500 m2	8,000 m2	5,600 m2
Año de establecimiento	Julio de 1994	Julio de 1994	Marzo de 1996
Duración	15 años	15 años	15 años
Sistema de pesaje	Báscula	Báscula	No tiene ( se cuenta el número de vehículos)
Capacidad	2000 Tons /Día	2000 Tons /Día	1,500 Tons./Día
Número de líneas de selección	4	4	3
Capacidad por línea	500 Tons./Día	500 Tons /Día	500 Tons /Día
Horas de trabajo	24 hrs / 3 turnos Lunes a viernes	24 hrs / 3 turnos Lunes a viernes	24 hrs / 3 turnos Lunes a viernes
Número de trabajadores	400 (ex pepenadores de Prados de la montaña)	500 (ex pepenadores de Prados de la montaña)	400
Organización laboral	Frente único de pepenadores, A.C	Asociación de selectores de Desechos Sólidos de la Metrópoli A.C	Unión de Pepenadores del D.F. Rafael Gutiérrez Moreno, A.C
Número de trabajadores para la selección	42 personas por línea	42 personas por línea	62 personas por línea
Materiales recuperados	Papel, cartón, plástico, vidrio, lámina de acero, aluminio, cobre, hierro, tortilla, hojalata, colchones llanatas, ropa	Papel, cartón, plástico, vidrio, lámina de acero, aluminio, cobre, hierro, tortilla, hojalata, colchones llanatas, ropa	Papel, cartón, plástico, vidrio, lámina de acero, aluminio, cobre, hierro, tortilla, hojalata, colchones llanatas, ropa

Cuadro 27.

Fuente: Kokusai Kogyo, Ltd. (1999).

### COSTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

(VALOR ANUAL (1\*) PROMEDIO POR HABITANTE ESTIMADO EN MAYO DE 1997)

REGIÓN	RECOLECCIÓN US\$ POR HAB.	BARRIDO US\$ POR HAB.	TRANSFERENCIA US\$ POR HAB.	RELLENO SANITARIO US\$ POR HAB.	INSTALAC. AUXILIARES US\$ POR HAB.	TOTAL US\$ POR HAB.
FRONTERA	1.83	0.32	1.49	2.04	0.09	5.77
NORTE	1.81	0.32	2.97	2.04	0.09	7.24
CENTRO	1.89	0.31	1.97	2.07	0.10	6.33
SURESTE	1.84	0.32	1.47	2.15	0.09	5.88
OCCIDENTE	1.77	0.32	2.37	1.95	0.09	6.50
Promedio	1.83	0.32	2.05	2.05	0.09	6.34

(1\*) Se convirtió a dólares al cambio de \$ 7.9085 por 1 US\$ que para el mes de Mayo de 1997, tomado del boletín anual de indicadores económicos del Banco Mexicano de Comercio Exterior para solventar el pago de TESOBONOS y coberturas de corto plazo.

**Cuadro 31.**

Fuente: SEMARNAP 1997.

### COSTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

(VALOR ANUAL (1\*) PROMEDIO ESTIMADA POR TONELADA EN MAYO DE 1997)

REGIÓN	RECOLECCIÓN \$ POR TON.	BARRIDO \$ POR TON.	TRANSFERENCIA \$ POR TON.	RELLENO SANITARIO \$ POR TON.	INSTALAC. AUXILIARES \$ POR TON.	TOTAL \$ POR TON.
FRONTERA	5.75	1.01	4.60	6.38	0.27	18.01
NORTE	5.74	1.04	8.28	6.54	0.29	21.88
CENTRO	5.96	0.99	6.32	6.54	0.31	20.12
SURESTE	5.68	0.99	3.95	6.61	0.28	17.51
OCCIDENTE	5.81	1.07	7.79	6.41	0.28	21.36
Promedio	5.79	1.02	6.19	6.50	0.29	19.78

(1\*) Se convirtió a dólares al cambio de \$ 7.9085 por 1 US\$ que para el mes de Mayo de 1997, tomado del boletín anual de indicadores económicos del Banco Mexicano de Comercio Exterior para solventar el pago de TESOBONOS y coberturas de corto plazo.

**Cuadro 32.**

Fuente: SEMARNAP 1997.

**VEHÍCULOS APLICADOS A LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
EN MÉXICO VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

<b>Tipo de vehículo de recolección</b>	<b>Capacid. (m3)</b>	<b>Aplicación preferente</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Camión de carga lateral con compactación (tubulares o rectangulares)	10 a 16 (1)*	Domicilios, servicios y comercial de pequeña y mediana generación	Mecanismo sencillo de compactación de bajo costo	Altura incómoda de la abertura para la carga
Camión de carga trasera con compactación	10 a 20 (1)*		Cómoda altura para la carga	Costo elevado del mecanismo de compactación
De carga lateral o trasera sin compactación (tubulares o rectangulares)	8 a 16 (2)*		Bajo costo de la unidad	Baja capacidad de transportación en tonelaje
Camiones de volteo para uso general de movimiento de tierras	6 a 12 (2)*	Se usan para recolección de domiciliar pero su aplicación es para movimiento de tierras	Bajo costo de la unidad y aplicabilidad a otras tareas	Baja capacidad de transportación en tonelaje
Camión de carga frontal con compactación	15 a 30 (1)*	Para sitios de generación media y alta, con almacenamiento en contenedores	Muy eficiente si se utiliza para las aplicaciones mencionadas	Costo elevado de los mecanismos de grúa y compactación
Camión contenedor de arrastre  Camión roll on - roll off  Camión contenedor de grúa	6 a 24 (2)*	Para sitios de alta generación	Son equipos de alta tecnología cuya variación es el mecanismo de carga y descarga su ventaja es la velocidad de las maniobras ya que sustituyen un contenedor lleno por uno vacío	Alto costo
Trailer de transferencia con caja compactadora (caja cerrada)	70 (3)*	Transporte de la planta de transferencia al sitio de disposición final	Bajo costo de transporte	El trasbordo afecta las operaciones posteriores de reciclaje

**Cuadro 33.**

**Fuente:**

(1)\* SEDUE, "Control de la contaminación por residuos sólidos municipales e industriales", 1988.

(2)\* Facultad de Ingeniería U.N.A.M. División de Educación Continua, "Métodos de Recolección", 1991.

(3)\* SEMARNAP, "Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos en Áreas Urbanas", 1996.

**CARACTERÍSTICAS DE TIPOS DE VIALIDADES  
SEGÚN CUATRO NORMAS**

TIPO DE VIALIDAD	NORMA	SECCIÓN MTS.	ESPACIAMIENTO MTS.	VELOCIDAD KM./HR.
Autopista	U.S.	60-90	Variable	95
	D.D.F (1)	60-150	1600-5000	Más de 80
	SEDESOL	48-94	800-1200	70-80
	CEURA (S.C.T.)	90-100	Variable	Más de 90
Acceso	U.S.	60-75	Variable	80
Controlado	D.D.F (2)	40-60	800-1000	Más de 80
	SEDESOL	48-94	800-1200	70-80
	CEURA (S.C.T.)	60-100	Variable	80
Primaria	U.S.	36-45	2400-3200	55-65
	D.D.F.	24-60	800-1600	60-80
	SEDESOL	30-58	800-1200	50-70
	CEURA (S.C.T.)	40-60	2400-3200	60
Colectora	U.S.	24	1200-1600	55-65
	D.D.F.	30-40	800-1600	30-60
	SEDESOL	22.6-42	800-1200	50-70
	CEURA (S.C.T.)	30	800-1200	50
Secundaria	U.S.	19-20	400-800	50
	D.D.F.	15-30	400-800	30-60
	SEDESOL	16.2-23.5	200-400	40-60
	CEURA (S.C.T.)	20-25	400-500	40
Local	U.S.	15	CADA ESQUINA	40
	D.D.F.	9-15	100	15-30
	SEDESOL	12.5-23.5	50-100	30-50
	CEURA (S.C.T.)	12-19	30-100	30

(1) Incluye laterales

(2) Sin laterales

**Cuadro 34.**

**PROGRAMA DE ÁREAS PARA UN ENCIERRO DE 25 CAMIONES**

<b>Espacio</b>	<b>Capacidad Personas local</b>	<b>Area Unif. m2</b>	<b>Area Total. m2</b>
<b>Oficinas generales</b>			
Oficina del Administrador	1	28.80	28.80
Cubículo del encargado de logística	1	12.96	12.96
Área del jefe de estadística e informática	1	12.96	12.96
Cubículo del contador	1	12.96	12.96
Área del auxiliar de contabilidad	1	8.00	8.00
Cubículo del encargado de adquisiciones	1	8.00	8.00
Cubículo del jefe de personal	1	12.96	12.96
Asistente de personal	1	8.00	8.00
Área de la secretaria	1	8.00	8.00
Área del personal de supervisión	2	8.00	16.00
Aula de capacitación	30	2.16	64.80
Bodega de papelería		8.78	8.78
Café		2.93	2.93
Sanitarios hombres		5.40	5.40
Sanitarios mujeres		5.40	5.40
<b>Total</b>			<b>215.95</b>
<b>Circulaciones 15%</b>			<b>32.39</b>
<b>Total oficinas generales</b>			<b>248.34</b>
<b>Caseta de vigilancia</b>		8.64	8.64
<b>Taller de reparaciones y mantenimiento</b>			
Fosas reparación, mantenimiento	3	46.75	140.25
Área de reparación de llantas	1	22.50	22.50
Cubículo del Jefe de Taller	1	7.20	7.20
Bodega de refacciones	1	17.28	17.28
Bodega de llantas	1	23.88	23.88
Lockers y herramientas	1	23.88	23.88
Baños y vestidores		9.60	9.60
<b>Total</b>			<b>244.59</b>
<b>Circulaciones generales 15%</b>			<b>36.69</b>
<b>Total taller de mantenimiento</b>			<b>281.28</b>
<b>Total de áreas a cubierto</b>			<b>538.26</b>
<b>Áreas externas</b>			
Estacionamiento de las unidades	25	28.00	700.00
Calles y banquetas		919.00	919.00
Estacionamiento de camionetas	2	16.50	33.00
Estacionamientos carros	6	12.50	75.00
Zona jardinada		909.39	909.39
<b>Total de áreas a descubierto</b>			<b>2636.39</b>
<b>Terreno necesario</b>			<b>3174.65</b>
<b>Terreno por unidad de recolección</b>			<b>126.99</b>

Cuadro 36. Fuente: Cálculos propios.

**PROGRAMA DE ÁREAS PARA UN ENCIERRO DE 12 CAMIONES**

<b>Espacio</b>	<b>Capacidad Personas local</b>	<b>Área Unif. m2</b>	<b>Área Total. m2</b>
<b>Oficinas generales</b>			
Oficina del Administrador	1	28.80	28.80
Cubículo del encargado de logística	1	12.96	12.96
Cubículo del contador y jefe de personal	1	12.96	12.96
Cubículo del encargado de adquisiciones	1	8.00	8.00
Asistente de personal	1	8.00	8.00
Área de la secretaria	1	8.00	8.00
Área del personal de supervisión	1	8.00	8.00
Sala de juntas y capacitación	15	2.16	32.40
Bodega de papelería		8.78	8.78
Café		2.93	2.93
Sanitarios hombres		5.40	5.40
Sanitarios mujeres		5.40	5.40
<b>Total</b>			<b>141.63</b>
<b>Circulaciones 15%</b>			<b>21.24</b>
<b>Total oficinas generales</b>			<b>162.87</b>
<b>Caseta de vigilancia</b>		8.64	<b>8.64</b>
<b>Taller de reparaciones y mantenimiento</b>			
Fosas reparación, mantenimiento	2	46.75	93.50
Área de reparación de llantas	1	22.50	22.50
Cubículo del Jefe de Taller	1	7.20	7.20
Bodega de refacciones	1	17.28	17.28
Bodega de llantas	1	17.52	17.52
Lockers y herramientas	1	17.52	17.52
Baños y vestidores		9.60	9.60
<b>Total</b>			<b>185.12</b>
<b>Circulaciones generales 15%</b>			<b>27.77</b>
<b>Total taller de mantenimiento</b>			<b>212.89</b>
<b>Total de áreas a cubierto</b>			<b>384.40</b>
<b>Áreas externas</b>			
Estacionamiento de las unidades	12	28.00	336.00
Calles y banquetas		611.83	611.83
Estacionamiento de camionetas	2	16.50	33.00
Estacionamientos carros	4	12.50	50.00
Zona jardinada		736.97	736.97
<b>Total de áreas a descubierto</b>			<b>1767.80</b>
<b>Terreno necesario</b>			<b>2152.20</b>
<b>Terreno por unidad</b>			<b>179.35</b>

Cuadro 37. Fuente: Cálculos propios.

**SUPERFICIE DEL PATIO DE UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA SEGÚN N° DE LÍNEAS DE SERVICIO**

NÚMERO DE LÍNEAS DE SERVICIO	SUPERFICIE DEL PATIO (M2)
1	85
2	170
3	255
4	350

Cuadro 40.

Fuente: Sanchez 96.

**MATRIZ DE CONTRIBUCIÓN PROPORCIONAL DE LOS IMPACTANTES SOBRE LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO URBANO**

IMPACTOS EN	DISTANCIA DE AMORTIG.	VIENTOS	PENDIENTES DE ACCESO	ACCESOS VIALES	SUPERFICIE	TOTAL	%
Bienestar	0.6	0.3	0.2	0.3	0.3	1.7	34
Ambiente		0.3	0.4	0.1	0.1	0.9	18
Infraestructura			0.1	0.6	0.5	1.2	24
Salud	0.4	0.4	0.3		0.1	1.2	24
TOTAL	1	1	1	1	1	5	100

Cuadro 41.

Fuente: Sánchez 1996.

**TIPO CARÁCTERÍSTICA Y FUNDAMENTOS DE LAS FUNCIONES DE SENSIBILIDAD PROPUESTAS**

IMPACTANTE POTENCIAL	TIPO Y FUNCIÓN	FUNDAMENTOS DE LÍMITES	EXPRESIÓN DE LÍMITES
Distancia de Amortiguamiento	Lineal	la EPA recomendó una distancia mínima de 50 m. A distancias iguales o mayores de 200 m. Se asignó una calificación de 0.	$f(x) = 1.33 - X/150; 50 < X < 200$ $f(x) = 1$ para $X \leq 50$ $f(x) = 0$ para $X \geq 200$
Vientos	Lineal	La clasificación asignada corresponde al porcentaje de días de vientos desfavorables que inciden en cada sitio, entre el número de días del año.	$f(x) = X/365; 0 \leq X \leq 365$ $f(x) = 1$ para $X = 365$ $f(x) = 0$ para $X = 0$
Pendientes de acceso	Lineal	Pendientes menores de 3% no impactan (calif. 0). Pendientes mayores del 12% son fuertemente impactantes (calif. 1).	$f(x) = X/9 - 0.33, 3 \leq X \leq 12$ $f(x) = 1$ para $X \geq 12$ $f(x) = 0$ para $X \leq 3$
Accesos viales	Lineal	Cuando se tenga un solo acceso se asignó una calificación = .75 Cuando se dos y tres accesos se asignan puntajes de 0.5 y 0.25 respectivamente.	$f(x) = 1 - X/4, 0 \leq X \leq 4$ $f(x) = 1$ para $X = 0$ $f(x) = 0$ para $X = 4$
Superficie	Lineal	Cuando la relación de áreas necesaria entre área disponible sea 0.20, se consideró una calificación 0 y cuando la relación sea 0.8 se asignó una calificación 1	$f(x) = X/0.6 - 0.33, 0.2 \leq X \leq 0.8$ $f(x) = 1$ para $X > 0.8$ $f(x) = 0$ para $X < 0.2$

Cuadro 42.

Fuente: Sánchez 1996.

**VALOR DE LA DISPOSICIÓN FINAL SEGÚN TONELAJE DISPUESTO**

Capacidad de recepción (ton/día)	50 (ton/día)	100 (ton/día)	200 (ton/día)	500 (ton/día)	1000 (ton/día)	1500 (ton/día)	2000 (ton/día)	2500 (ton/día)
Costo unitario US/ton	22.88	14.29	9.99	7.57	6.78	6.59	6.64	6.88

(1\*) Se convirtió a dólares al cambio de \$ 7.9085 por 1 US\$ que para el mes de Mayo de 1997, tomado del boletín anual de indicadores económicos del Banco Mexicano de Comercio Exterior para solventar el pago de TESOBONOS y coberturas de corto plazo.

**Cuadro 43.**

**Fuente:** Estudios para los rellenos sanitarios regionales del Estado de México, fechados en Mayo de 1997; (Secretaría de Ecología del Estado, 1997).

**ANCHO MÍNIMO RECOMENDADO DE CELDA O MÍNIMO FRENTE DE TRABAJO DEPENDIENDO DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS QUE LLEGUEN AL RELLENO**

RESIDUOS QUE LLEGAN AL RELLENO (TONS./DÍA)	POTENCIA DEL EQUIPO (HP.)			LONGITUD DE LAS CUCHILLAS (MT.)	ANCHO MÍNIMO DE LAS CELDAS (MT.)
	TRASCAVO	BULDOSER	CARGADOR DE NEUMÁTICOS		
20-50	<70	<80	<100	HASTA 4	8
50-130	70-100	80-110	100-120	HASTA 5.5	10
130-250	100-130	110-150	120-150	HASTA 6.5	12
250-500	130-190	150-180	150-190	HASTA 7.5	15

**Cuadro 44.**

**Fuente:** SEDUE, 1992.

**ASPECTOS A REVISAR POR LOS SITIOS PARA RELLENOS SANITARIOS  
SEGUN LA NORMA NOM-083-ECOL-1996**

Nº	ESPECIFICACIONES	DICTAMEN		OBSERVACIONES
		CUMPLE	NO CUMPLE	
3.2.1.	<b>Aspectos generales.</b>			
3.2.1.1.	Afectación a obras civiles o Áreas Naturales Protegidas (ANP).			
3.2.1.1.1.	Las distancias mínimas a aeropuertos son:			
a)	De 3000 metros cuando maniobren aviones de motor a turbina.			
b)	De 1500 metros cuando maniobren aviones de motor a pistón.			
3.2.1.1.2.	Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios.			
3.2.1.1.3.	No se deben ubicar sitios dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP).			
3.2.1.1.4.	Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos etc.			
3.2.1.1.5.	Debe estar alejado a una distancia mínima de 1500 metros a partir del límite de la traza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2500 habitantes. En caso de no cumplir con esta norma se deberá demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.			
3.2.1.2.	La localización de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales para aquellas localidades con una población de hasta 50,000 habitantes o cuya recepción sea de 30 toneladas por día, de estos residuos, se debe considerar exclusivamente las especificaciones establecidas en 3.2.3 y 3.2.4. De esta norma oficial mexicana.			
3.2.2.	<b>Aspectos hidrológicos.</b>			
3.2.2.1.	Se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodo de retomo de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar, que no exista la obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos.			
3.2.2.2.	El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas o similares.			

continua...

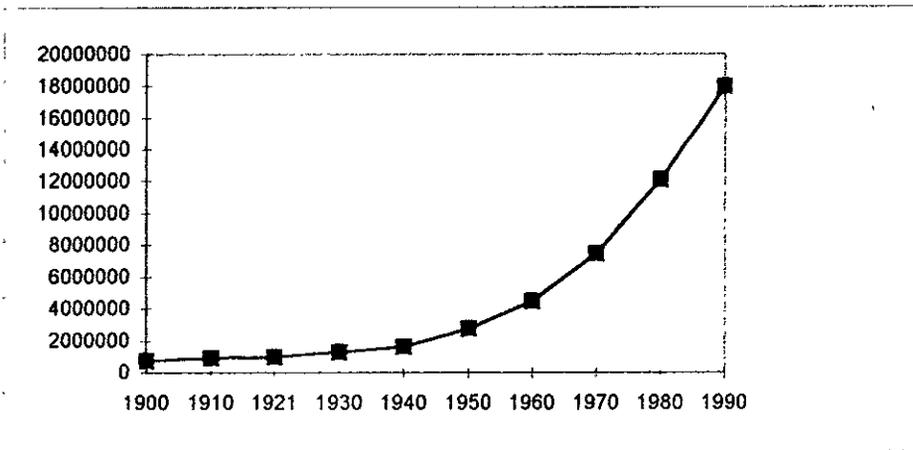
3.2.2.3	La distancia de ubicación del sitio, con respecto a cuerpos de agua con caudal continuo debe ser de 1000 metros, como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada durante los últimos 10 años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.			
3.2.3.	<b>Aspectos geológicos.</b>			
3.2.3.1.	Debe estar a una distancia mínima de 60 metros de una falla activa que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años.			
3.2.3.2.	Se debe localizar fuera de zona donde los taludes sean inestables es decir, que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos y dinámicos.			
3.2.3.3.	Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero.			
3.2.4.	<b>Aspectos hidrogeológicos.</b>			
3.2.4.1.	En caso de que el sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $< 0 = a \times 10^{-3}$ (seg)			
3.2.4.3.	La distancia mínima del sitio, a pozos para la extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganado; tanto en operación como abandonados, debe estar a una distancia de la proyección horizontal de por lo menos 100 metros de la mayor circunferencia del cono de abatimiento siempre que la distancia resultante sea menor a 500 metros esta última será la distancia a respetar			
3.2.5.	<b>Consideraciones de selección.</b>			
3.2.5.1.	En caso de que exista una probable contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se debe recurrir a soluciones mediante obras de ingeniería.			

**Cuadro 45.**

**Fuente:** Estudios para los rellenos sanitarios regionales del estado de México, realizados en Mayo de 1997;(Secretaría de Ecología del Estado).

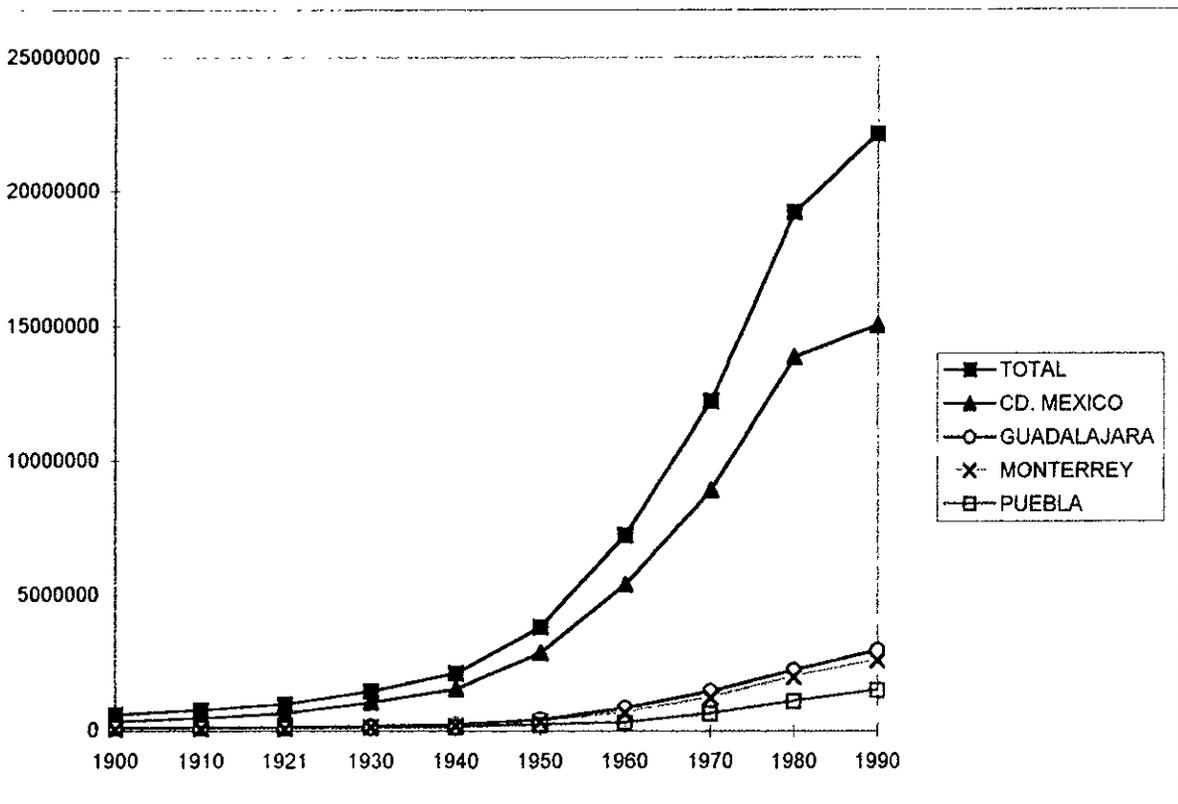
**ANEXO 2**  
**GRÁFICAS**

**CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES MEDIAS  
(DATOS DE CONAPO 1995)**



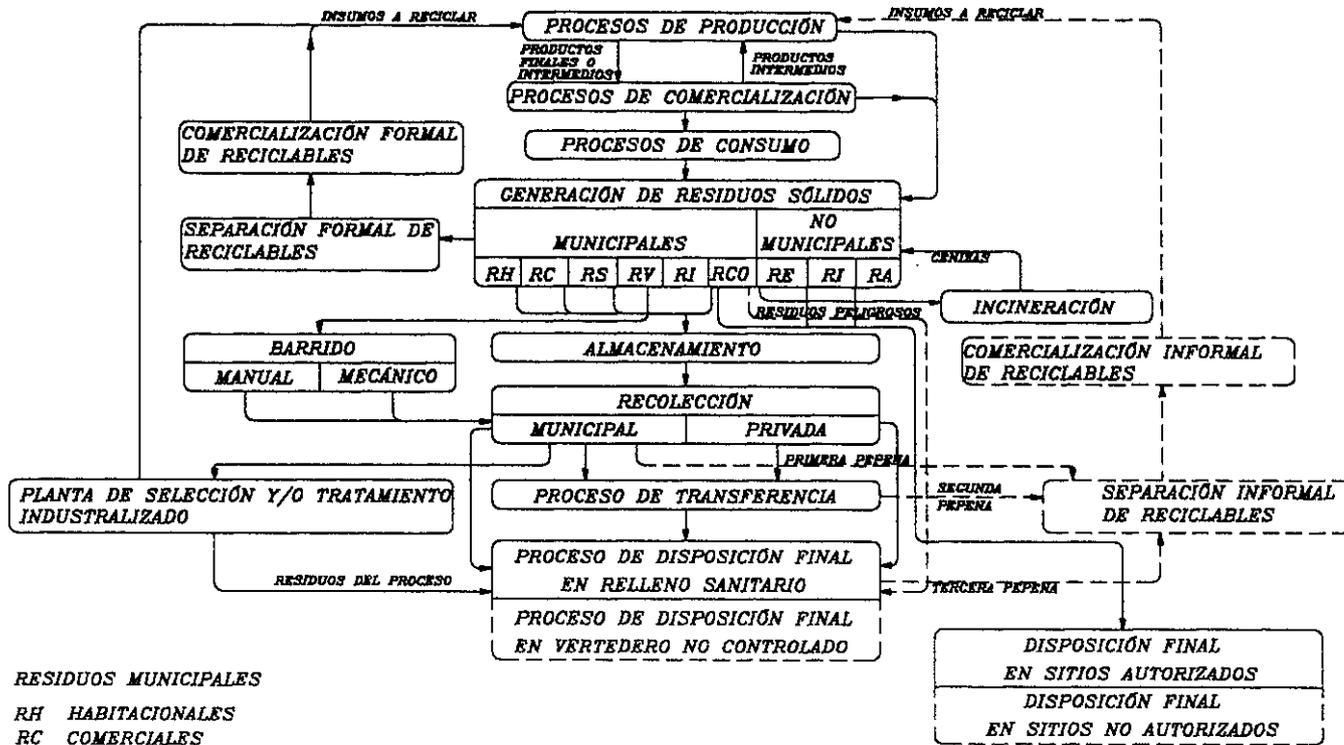
**Gráfica 1.**  
Fuente: CONAPO 1995.

**FORMACIÓN DE LAS METRÓPOLIS DE MÉXICO  
(DATOS DE CONAPO 1995)**



**Gráfica 2.** NOTA. las curvas de Guadalajara y Monterrey casi se confunden  
Fuente: CONAPO 1995.

## CICLO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



### RESIDUOS MUNICIPALES

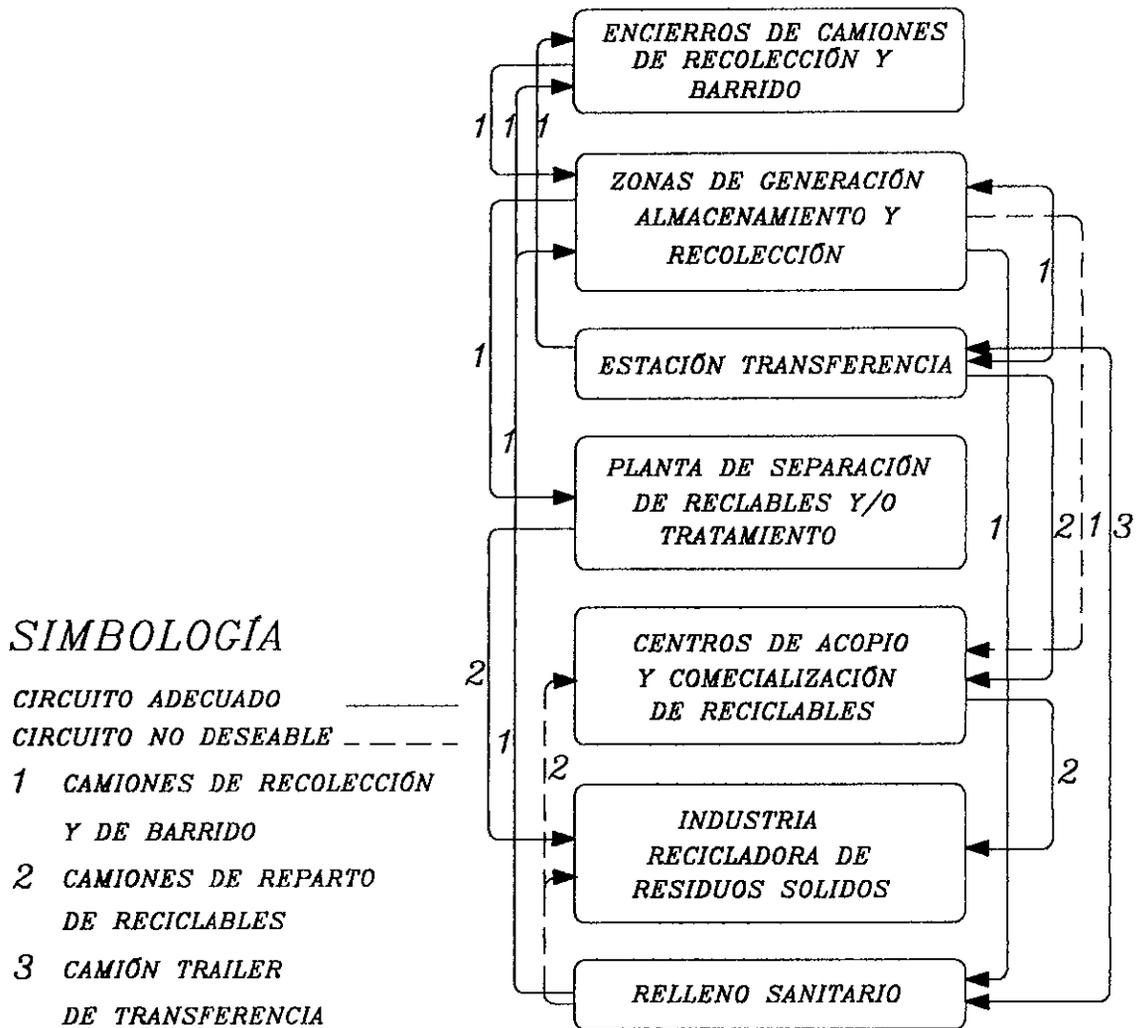
- RH HABITACIONALES
- RC COMERCIALES
- RS DE SERVICIOS
- RV DE LA VÍA PÚBLICA
- RCO DE LA CONSTRUCCIÓN NO PELIGROSOS
- RI INDUSTRIALES NO PELIGROSOS

### RESIDUOS NO MUNICIPALES

- RE EQUIPAMIENTOS ESPECIALES (HOSPITALARIOS, LABORATORIOS, VETERINARIAS)
- RJ INDUSTRIALES PELIGROSOS
- RA ACROPECUARIOS
- CIRCUITO DESEABLE \_\_\_\_\_
- CIRCUITO NO DESEABLE \_\_\_\_\_

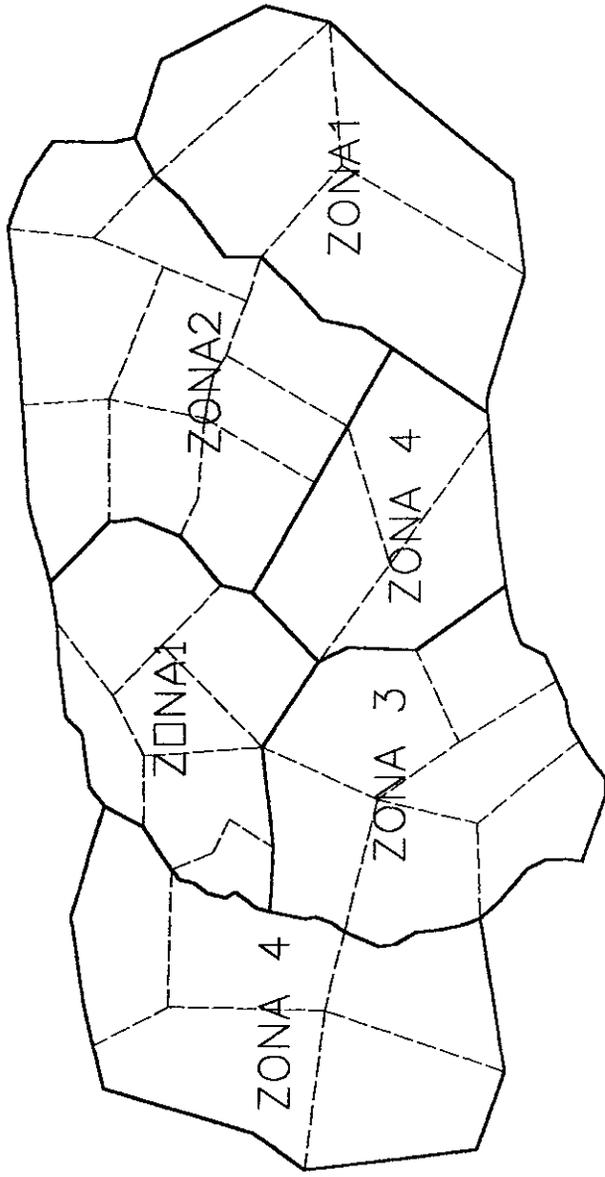
Gráfica 3

# CICLO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (CONEXIONES ESPACIALES)



Gráfica 4

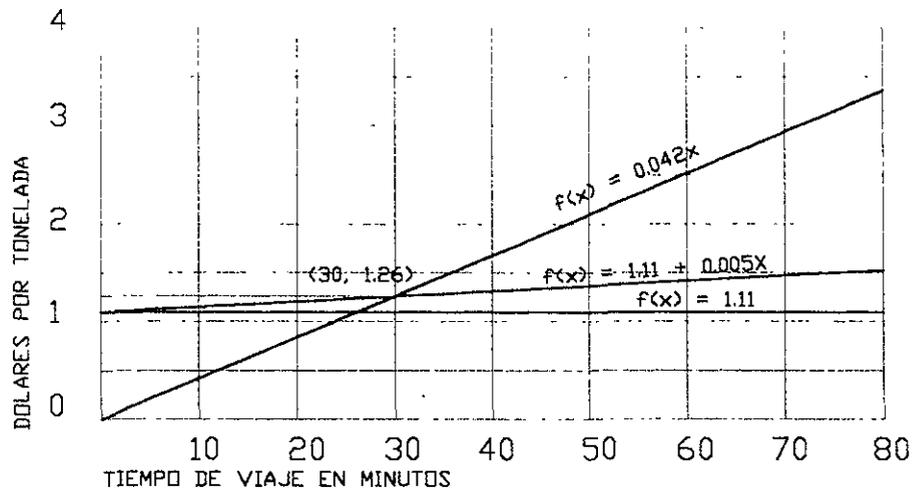
# LOCALIDAD URBANA DIVIDIDA EN AGEB Y ZONAS DE INGRESOS



----- Límite de AGEB

\_\_\_\_\_ Límite de zona de ingresos

# COSTO DE CAMIONES DE RECOLECCIÓN VERSUS UNIDADES DE TRANSFERENCIA



$f(x) = 1.11 + 0.005x$ , función de costo ton/min de la unidad de transferencia

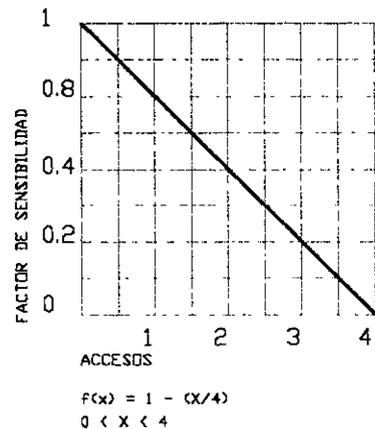
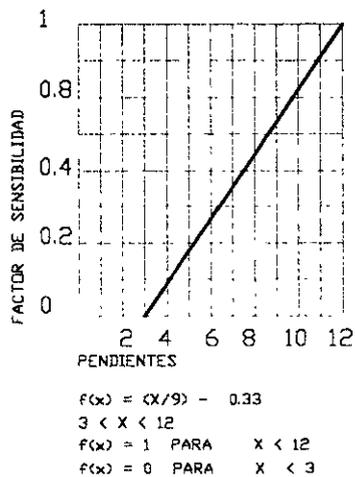
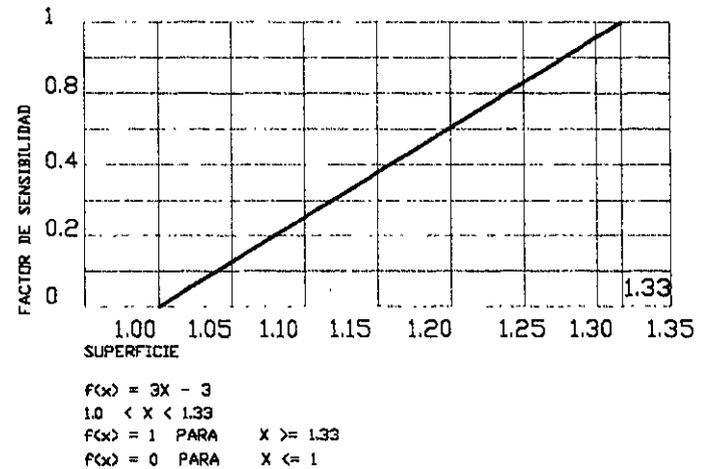
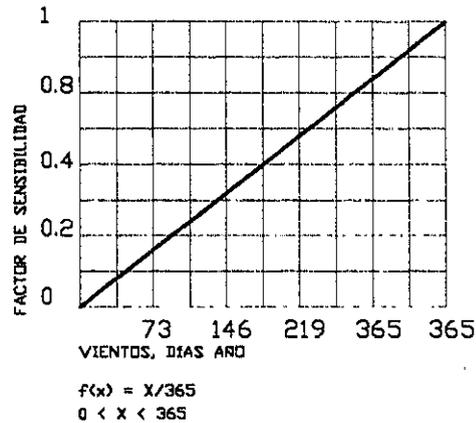
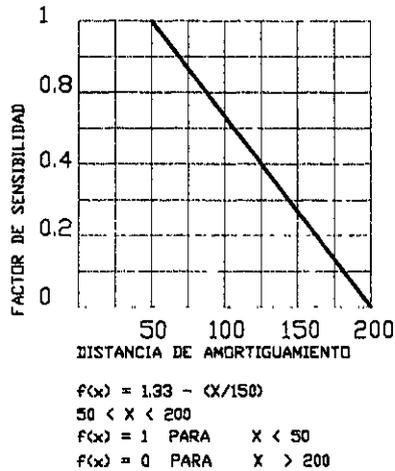
$f(x) = 0.042x$ , función de costo ton./min. de la unidad de recolección

$f(x) = 1.11$  costo por ton. transferida en la estación de transferencia

Fuente: Sánchez 1996.

Gráfica 13

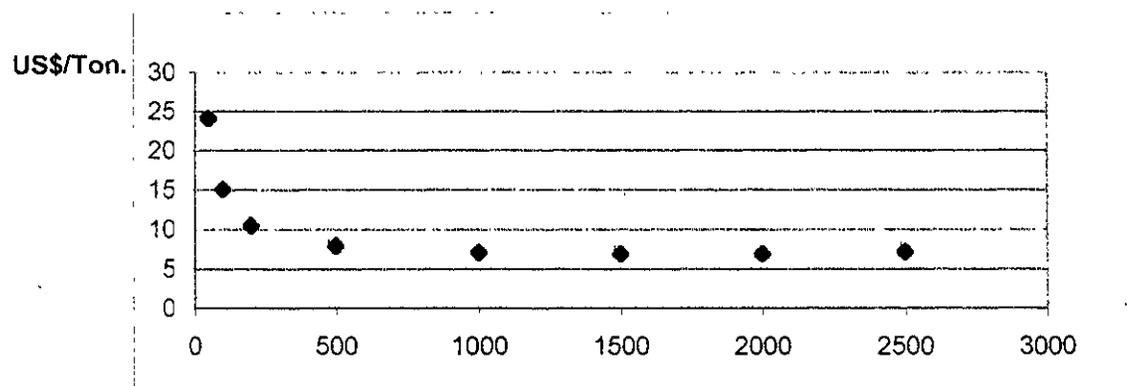
# FUNCIONES DE SENSIBILIDAD DEL SITIO PROPUESTO



Fuente: Sánchez 1996.

Gráfica 14

### VALOR DE LA TONELADA DISPUESTA SEGÚN TONELADAS DIARIAS A DISPONER EN EL RELLENO SANITARIO



#### Toneladas diarias

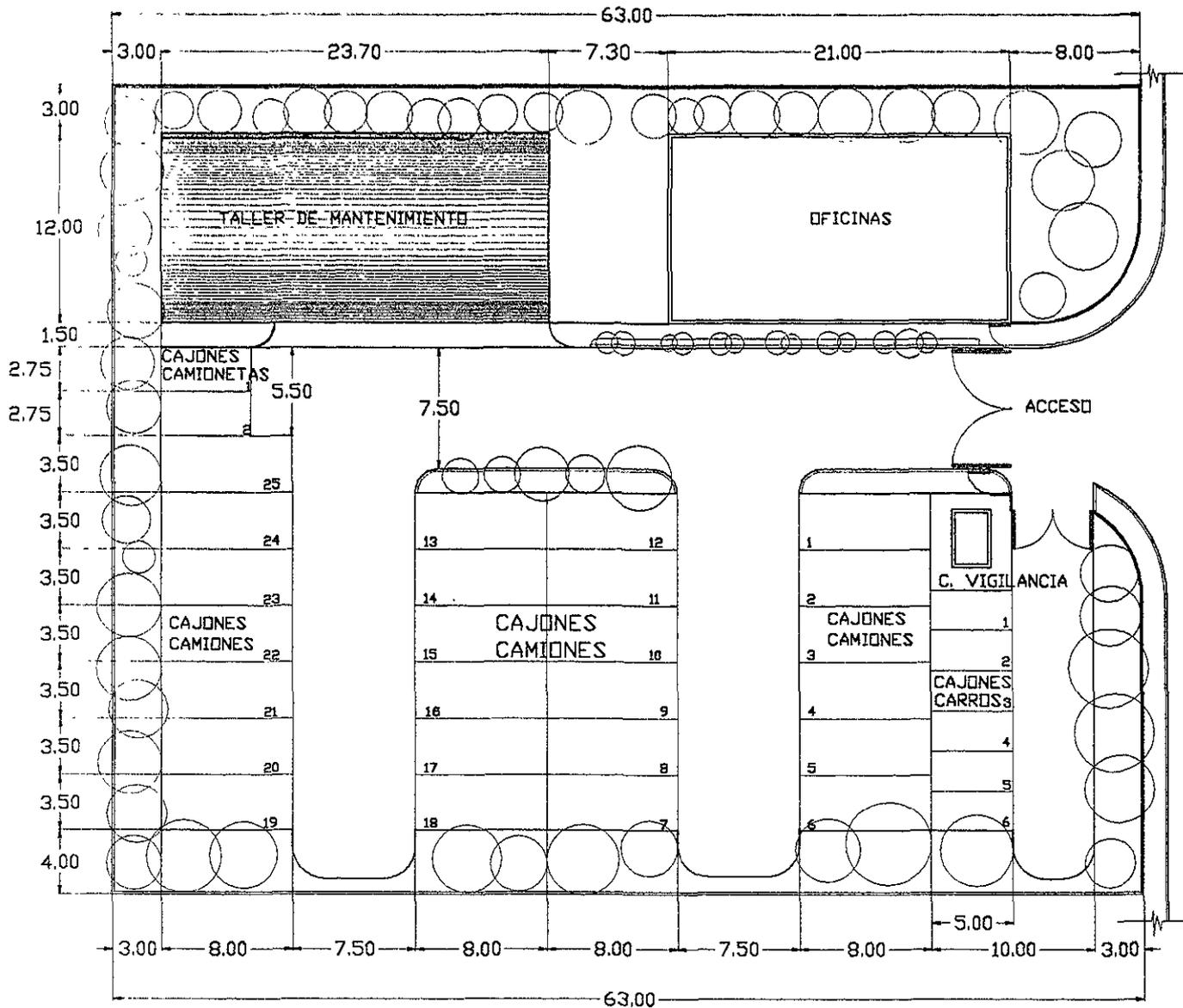
(1\*) Se convirtió a dólares al cambio de \$ 7.9085 por 1 US\$ que para el mes de Mayo de 1997, tomado del boletín anual de indicadores económicos del Banco Mexicano de Comercio Exterior para solventar el pago de TESOBONOS y coberturas de corto plazo.

**Fuente: Estudios para los rellenos sanitarios regionales del Estado de México, realizados en Mayo de 1997; (Secretaría de Ecología del Estado).**

**Gráfica 15.**



**ANEXO 3**  
**PLANOS**



**UNAM**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA  
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
 MAESTRIA EN URBANISMO



TESIS DE GRADO  
 DE  
 MAESTRIA

ESTRATEGIAS Y  
 PROYECCION ESPACIAL  
 DE LOS RESIDUOS  
 SÓLIDOS MUNICIPALES

ELEMENTO	AREA (M2)
OFICINAS, VIGIL.	260.64
TALLER	284.40
ESTACIONAMIENTOS	808.00
CALLES, BANQUETAS	919.07
AREAS VERDES	909.39
<b>AREA TOTAL</b>	<b>3181.50</b>

ESCALA GRAFICA: METROS  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ENCIERRO DE 25 CAMIONES

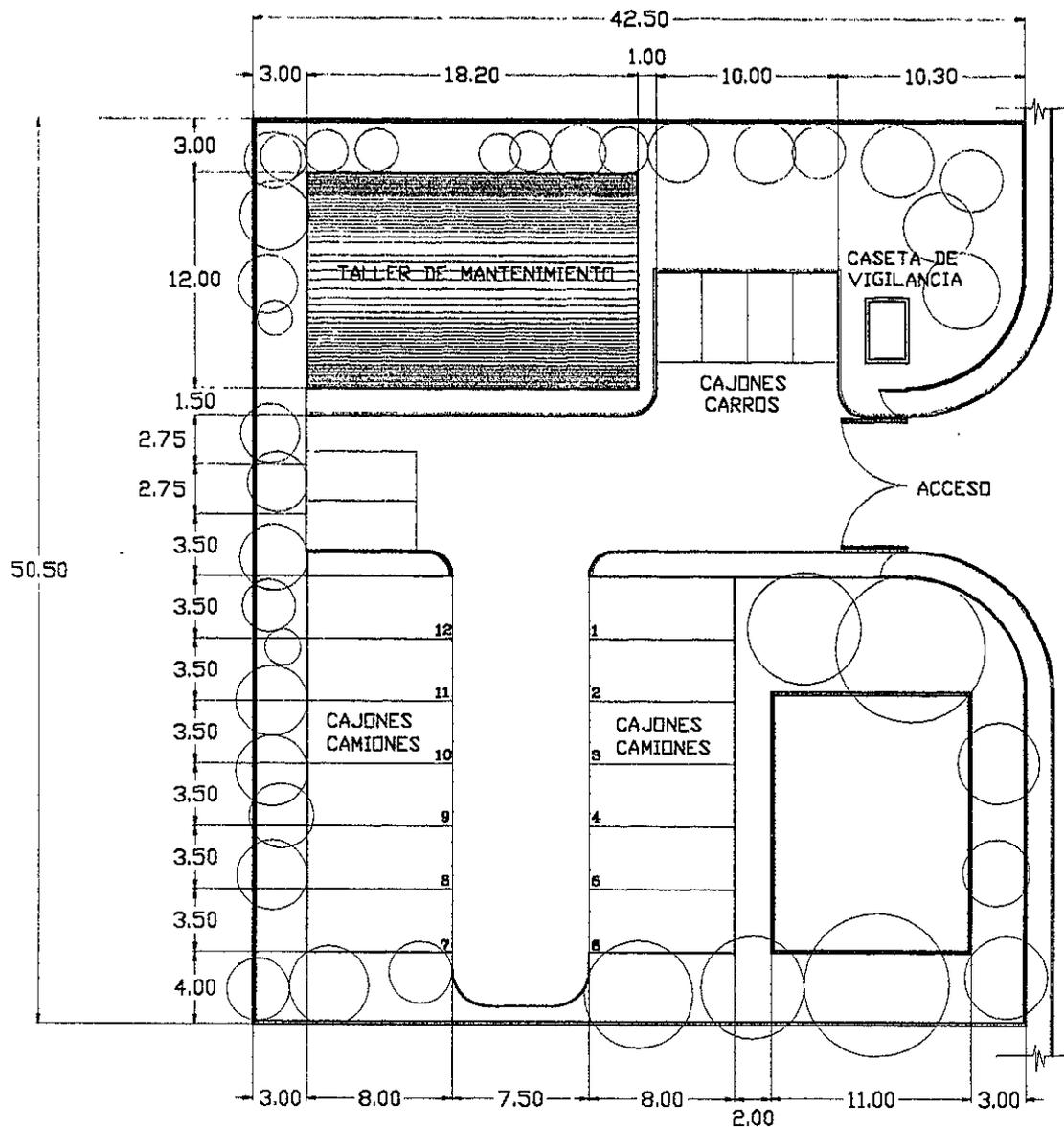
PLANO PLANTA GENERAL

ESCALA 1/400

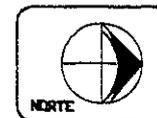
PROYECTO ARO  
 EDUARDO RUSSUEL J.

FECHA OCTUBRE 1999

No. PLANO  
**1**



**UNAM**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA  
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
 MAESTRIA EN URBANISMO

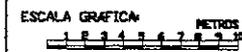


TESIS DE GRADO  
 DE  
 MAESTRIA

ESTRATEGIAS Y  
 PROYECCION ESPACIAL  
 DE LOS RESIDUOS  
 SOLIDOS MUNICIPALES

**TABLA DE AREAS**

ELEMENTO	AREA (M2)
OFICINAS, VIGIL.	160.05
TALLER	218.40
ESTACIONAMIENTOS	419.00
CALLES, BANQUETAS	611.83
AREAS VERDES	736.97
AREA TOTAL	2146.25



ENCIERRO DE 18 CAMIONES

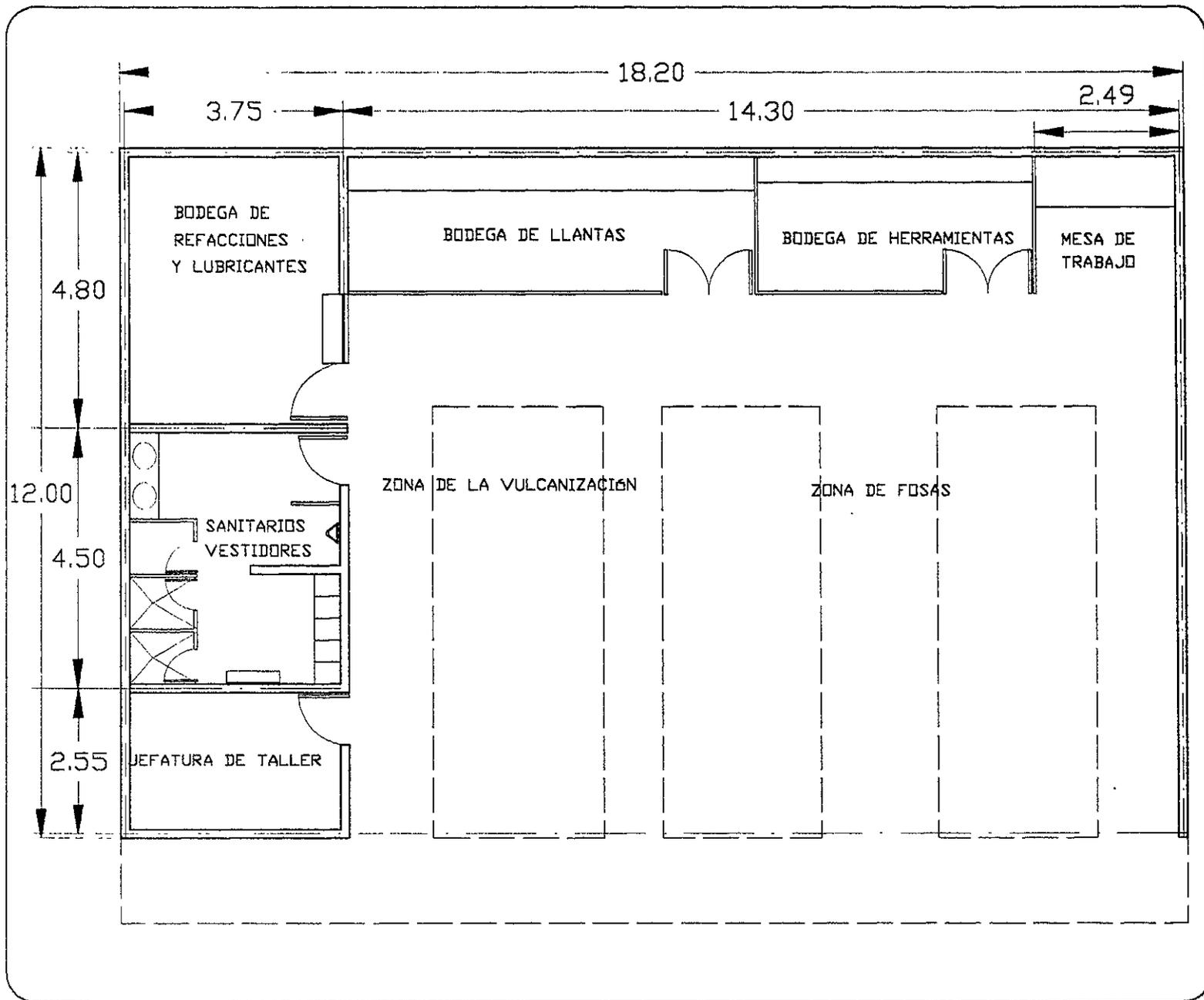
PLANO PLANTA GENERAL

ESCALA 1/400

PROYECTO: ARG.  
 EDUARDO ZUSSUELI J.

FECHA: OCTUBRE 1999

No. PLANO  
**2**

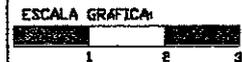


TESIS DE GRADO DE MAESTRIA

ESTRATEGIAS Y PROYECCION ESPACIAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TABLA DE AREAS

ELEMENTO	AREA (M2)
FOSAS	25.50
VULCANIZACION	79.50
B. DE REFACCIONES	18.00
BODEGA DE LLANTAS	16.88
B. HERRAMIENTAS	11.40
BANOS, VESTIDORES	16.88
JEFATURA TALLER	9.56
MESA DE TRABAJO	6.00
CIRCULACIONES	34.68
AREA TOTAL	218.40



TALLER DE MANTENIMIENTO  
PLANO PLANTA GENERAL

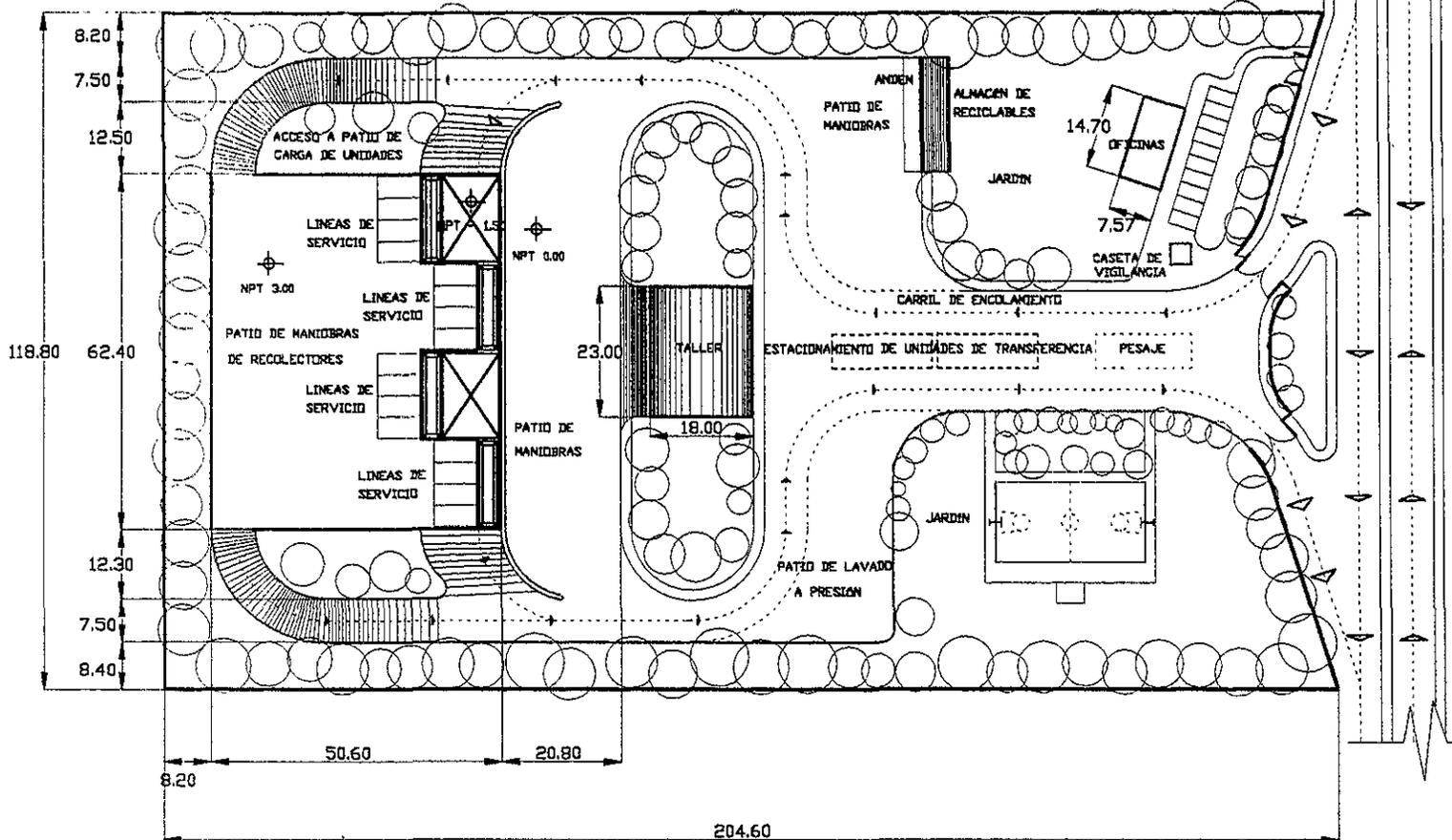
ESCALA: 1/100

PROYECTO ARQ. EDUARDO DURAN J. No. PLANO 3  
FECHA: OCTUBRE DE 1999



NORTE

NOTA: LA ORIENTACION SE TRATARÁ, EN CADA CASO



**UNAM**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRIA EN URBANISMO

**TESIS DE GRADO  
DE  
MAESTRIA**

**ESTRATEGIAS Y  
PROYECCION ESPACIAL  
DE LOS RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES**

**ÁERAS ESTACIÓN DE  
DESCARGA DIRECTA**

ELEMENTO	AREA(M <sup>2</sup> )
PLANTA DESCARGA	3137.44
PATIO DE CARGA	873.60
OFICINAS	111.72
CASETA VIGILANCIA	12.96
ALM. RECICLABLES	100.00
TALLER	414.00
<b>TOTAL CONSTRUIDO</b>	<b>4669.72</b>
<b>TOTAL OCUP. SUELO</b>	<b>3796.12</b>

**AREAS EXTERIORES**

CALLES, BANQUETAS	5983.72
PATIO DE LAVADO	692.48
PATIO RECICLABLES	848.58
CANCHA BASQUETEBL.	364.00
JARDINES	12619.58
AREAS EXTERIORES	20310.36
<b>AREA DEL TERRENO</b>	<b>24306.48</b>

ESCALA: 1/2500

**ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA**

PLANO PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/2500

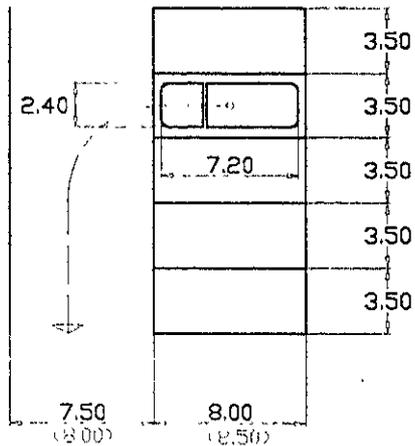
PROYECTO ARG.  
EDUARDO DUSSEL, J.

INSTRUMENTACIÓN  
J. SANCHEZ, 1986

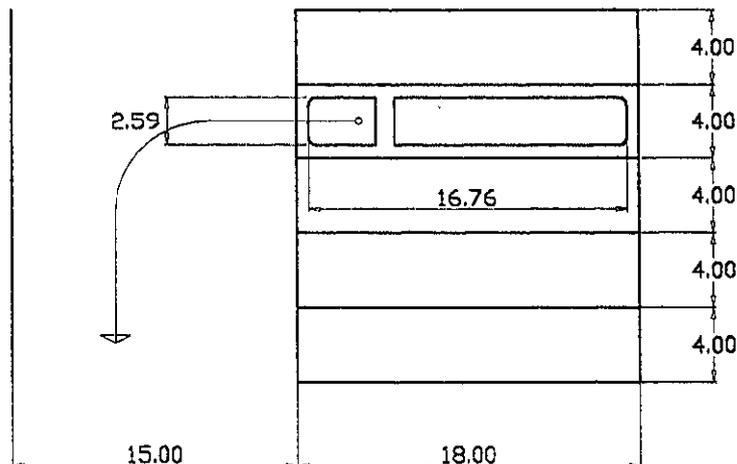
No. PLANO

**4**

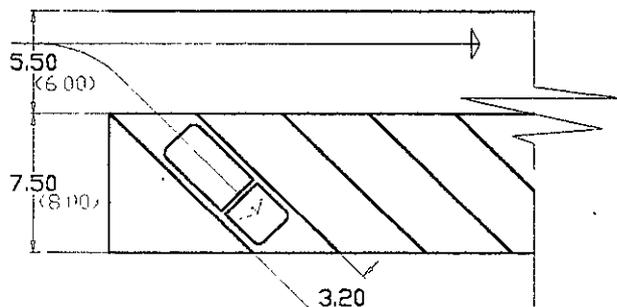
FECHA  
8/11/86



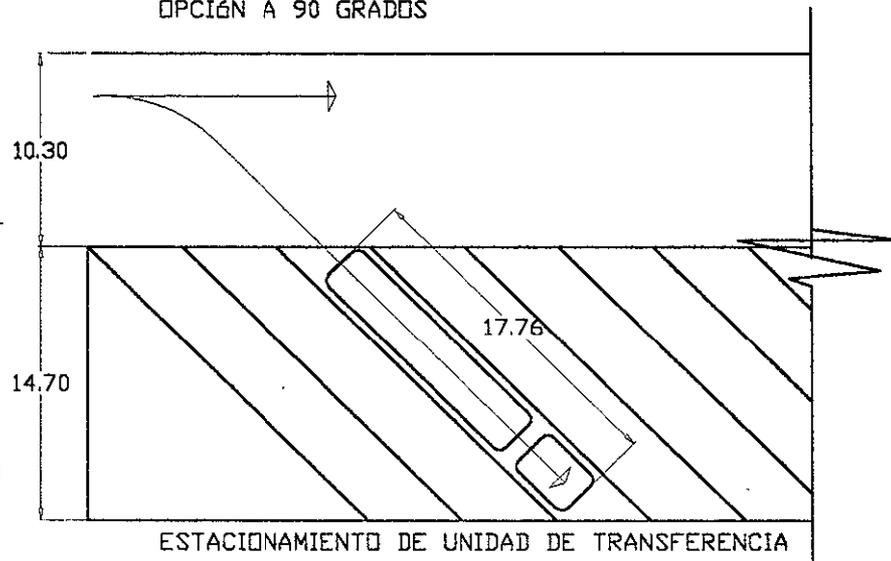
ESTACIONAMIENTO DE UNIDAD DE RECOLECCIÓN  
OPCIÓN A 90 GRADOS



ESTACIONAMIENTO DE UNIDAD DE TRANSFERENCIA  
OPCIÓN A 90 GRADOS



ESTACIONAMIENTO DE UNIDAD DE RECOLECCIÓN  
OPCIÓN A 45 GRADOS



ESTACIONAMIENTO DE UNIDAD DE TRANSFERENCIA  
OPCIÓN A 45 GRADOS



**UNAM**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRIA EN URBANISMO

TESIS DE GRADO  
DE  
MAESTRIA

ESTRATEGIAS Y  
PROYECCION ESPACIAL  
DE LOS RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES

UNIDAD DE RECOLECCION

DIMENSION	MTS.
ANCHO	2.40
LARGO TOTAL	7.20

NOTA: EXISTEN UNIDADES DE CARGA FRASERA DE 8 MTS. POR EFECTO DE QUE SOBRESALE LA JACA DE CARGA. PARA ESTE CASO SE DEBE CONSIDERAR CALONES DE 8.5 MTS.

UNIDAD DE TRANSFERENCIA

DIMENSION	MTS.
ANCHO	2.59
LARGO TOTAL	16.76-17.50

NOTA SE CONSIDERA UNA UNIDAD DE 17.76 MTS.

ESCALA GRAFICA: METROS  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ESTACIONAMIENTO

PLANO PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/400

PROYECTO: ARG.  
EDUARDO DURKEL, S.

FECHA: 12/04/99

No. PLANO

5



**UNAM**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA  
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
 MAESTRIA EN URBANISMO

**TESIS DE GRADO  
 DE  
 MAESTRIA**

**ESTRATEGIAS Y  
 PROYECCION ESPACIAL  
 DE LOS RESIDUOS  
 SÓLIDOS MUNICIPALES**

**PESO DE LOS COMPONENTES**

ELEMENTO	PESO (KGS)
CHASIS	9,000
CARROCERIA	13,000
RESIDUOS SÓLIDOS	20,000
<b>PESO BRUTO COMBINADO</b>	<b>54,000</b>

ESCALA GRAFICA METROS  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**GIRO U. DE TRANSFERENCIA**

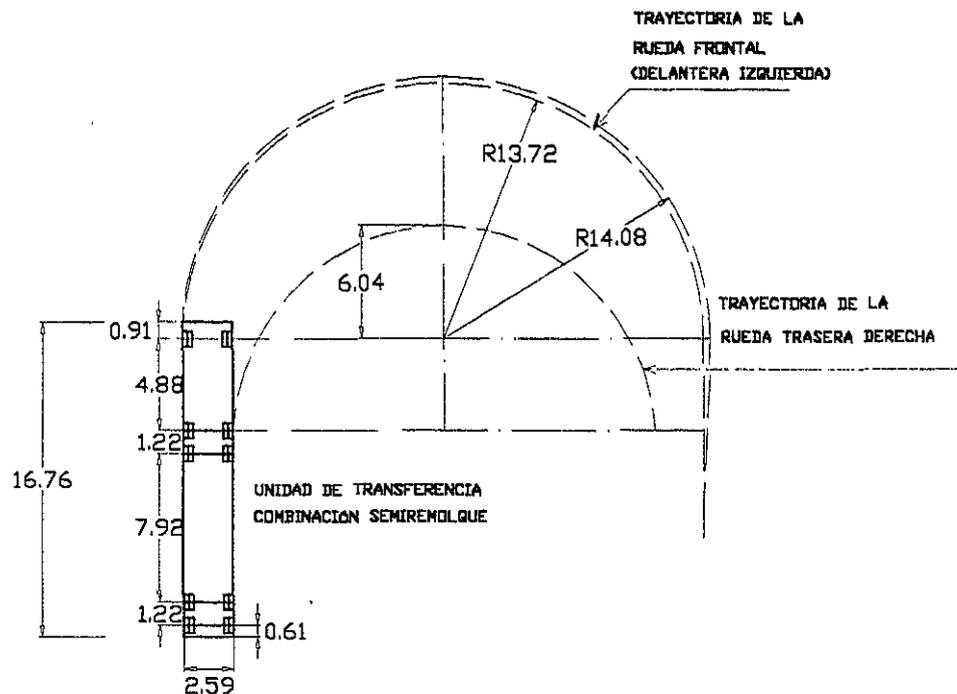
**PLANTA GENERAL**

ESCALA: 1/400

PROYECTO: TITULO DE  
 SANCHEZ GOMEZ 1006

FECHA: 15/04/99

No. PLANO  
**6**



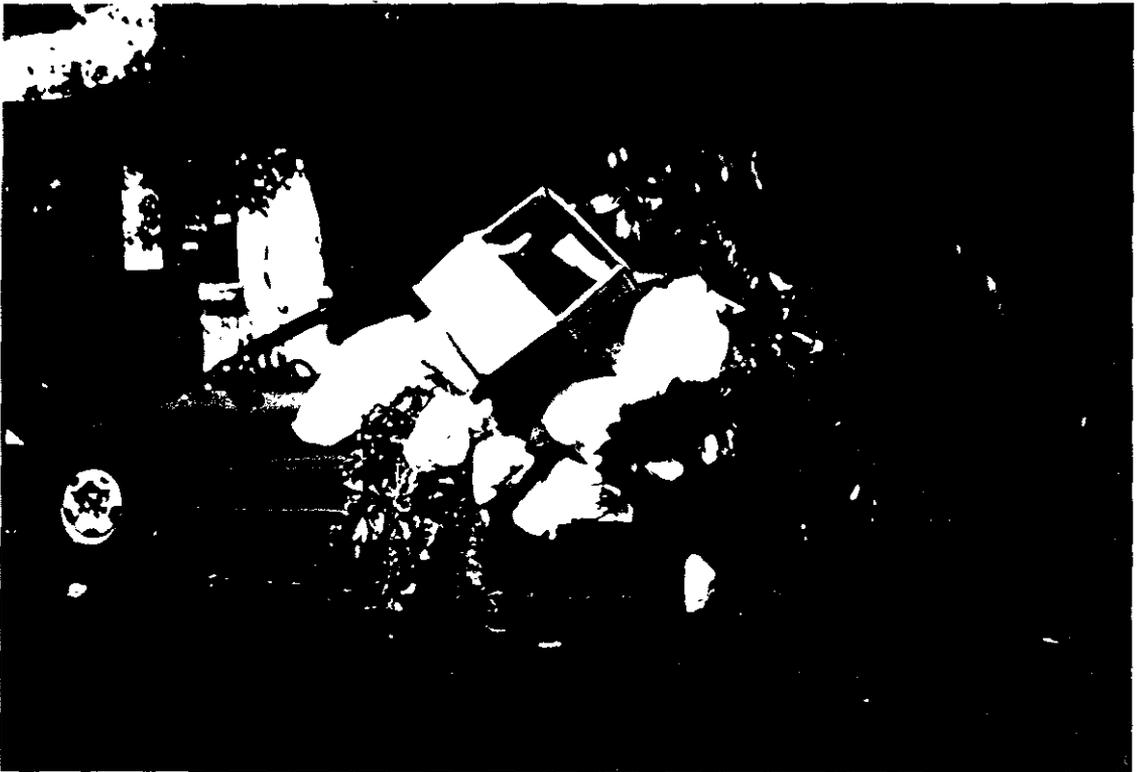
# **ANEXO FOTOGRAFICO**



Recolección: en las fotos dos camiones compactadores de carga trasera en el Distrito Federal. (Colonia del Valle). Se puede apreciar la labor de la "primera pepena", que es la separación de reciclables que se realiza utilizando la unidad de recolección, a la que se adicionan elementos como parrillas ganchos y barandales para su transporte, los dos o tres trabajadores informales que actúan junto a chofer y su ayudante carecen de equipo de seguridad.



Recolección: otra imagen de la "primera pepena" en el Distrito Federal, arriba el transporte de objetos voluminosos colgados en la parte posterior de la unidad de carga lateral, abajo una unidad de carga trasera con gran cantidad reciclables recuperados. Estas imágenes como las anteriores corresponden a colonias de ingresos altos, en las colonias populares la primera pepena se reduce considerablemente.



**El barrido manual:** los barrenderos conocidos como boteros en el Distrito Federal, operan con un carrito acondicionado con dos botes de 200 litros, y recuperan de las casas reciclables que generalmente les regalan y los entregan al chofer de la unidad recolectora, que les participa por la venta de los mismos una cantidad acordada. El barrido de las calles se combina con esta actividad.



**Estación de Transferencia de Central de Abastos en el D.F.:** En la foto de arriba el patio de maniobras con el taller de mantenimiento y en la de abajo, la salida del trailer cargado y la colocación de la lona de protección. Obsérvese el equipo de los trabajadores, casco, guantes y zapatos de seguridad, mascarilla y overol.



**Unidades de transferencia:** Vista de la circulación de unidades de transferencia por el eje vial Ángel Urraza en la Ciudad de México. Las vialidades, escogidas como camino de estos vehículos que tienen un peso bruto cargado de 52 toneladas, reducen considerablemente su vida útil (en el momento de las fotos las carpetas acababan de ser restituidas). En el D.F., estas unidades, circulan por estas vías, con una velocidad máxima de 60 Km./hora.

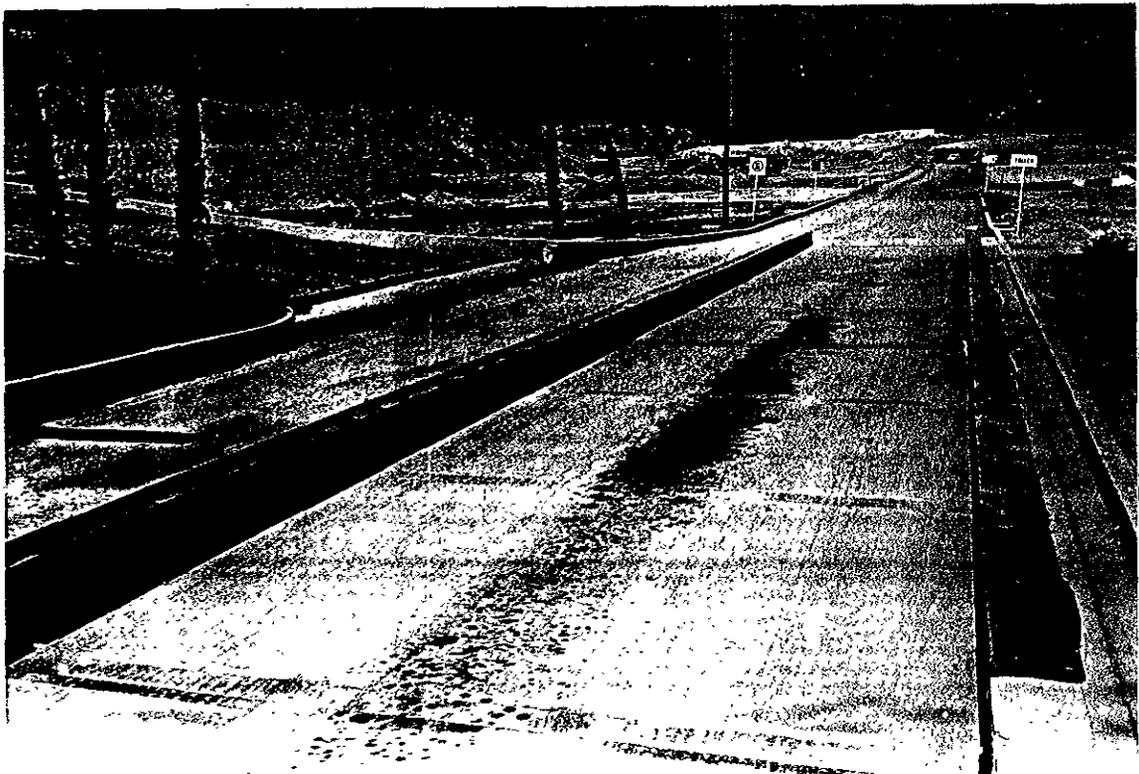
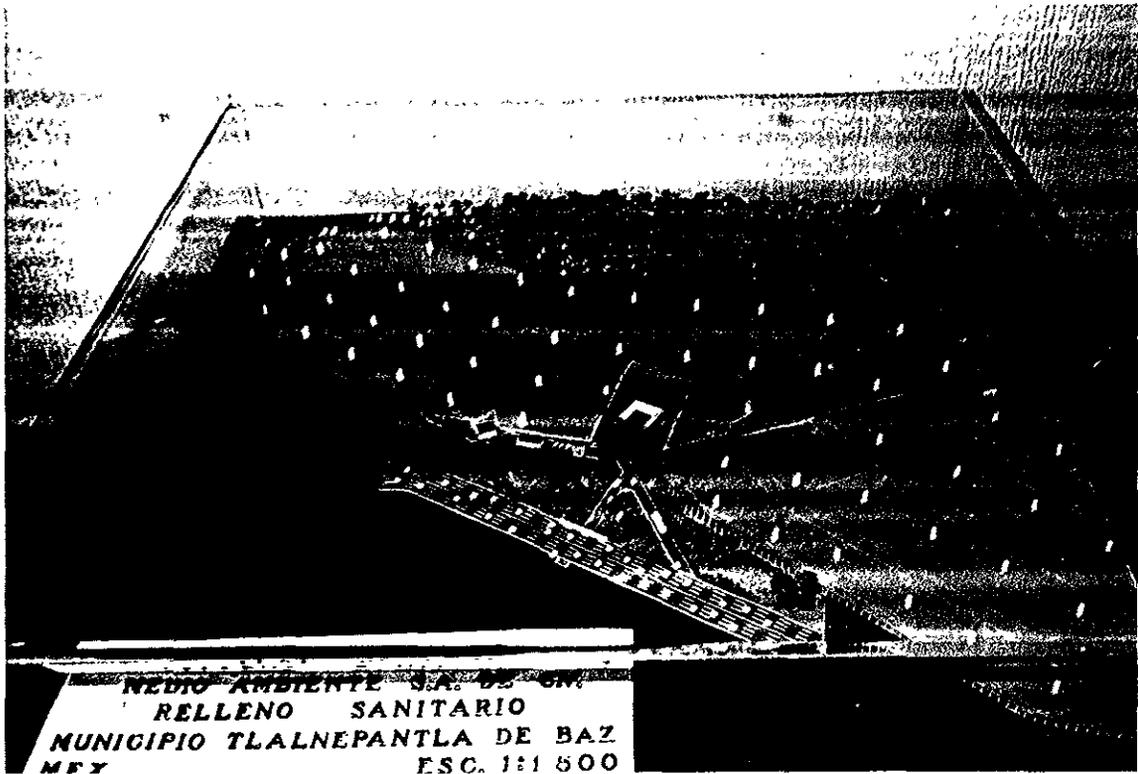


**Tiradero de Tultitlán:** Ubicado en la Sierra de Guadalupe, área natural "protegida", declarada parque estatal, en el sitio denominado Buenavista, es un foco de propagación de enfermedades para la población ubicada a menos de 3 kilómetros del sitio y significa consecuencias graves de contaminación de suelo, agua y aire. Visitado el 26/06/98.



**Vertedero controlado de Cuautitlán:** Foto de arriba, se aprecia la problemática de la pepena en el sitio de disposición final en condiciones insalubres para los pepenadores y que entorpece la labor de las máquinas. Visitado el 24/06/98.

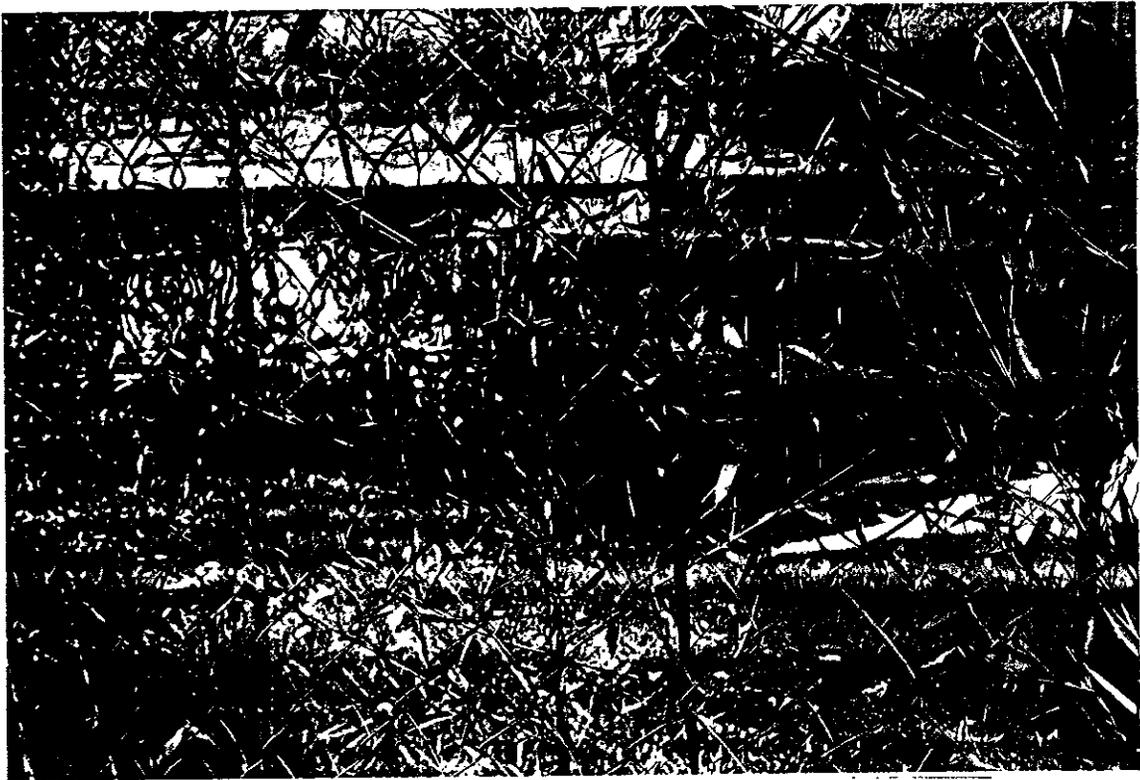
**Tiradero de Chimalhuacán:** Foto de abajo, cuatro hectáreas de residuos dispuestos a cielo abierto alcanzando hasta 3 metros de altura ubicado a 10 metros (una calle) de la ciudad y en una zona de nivel freático alto. Se observa uno de los vehículos de tracción animal que operan en la recolección como permisionarios. (SIC). Visitado el 4/08/98.



**Relleño sanitario de Tlanepantla:** Este sitio cumple con la NOM-ECOL-083-ECOL-1996. En la foto superior una maqueta de la planeación final del relleno donde se aprecia la disposición escalonada de las celdas, los pozos de extracción de gases y la laguna de lixiviados. Abajo la báscula con que debe contar todo relleno sanitario, que permite un pesaje de las unidades para conocer la cantidad de residuos dispuesta. Visitado el 26 de Agosto de 1998.



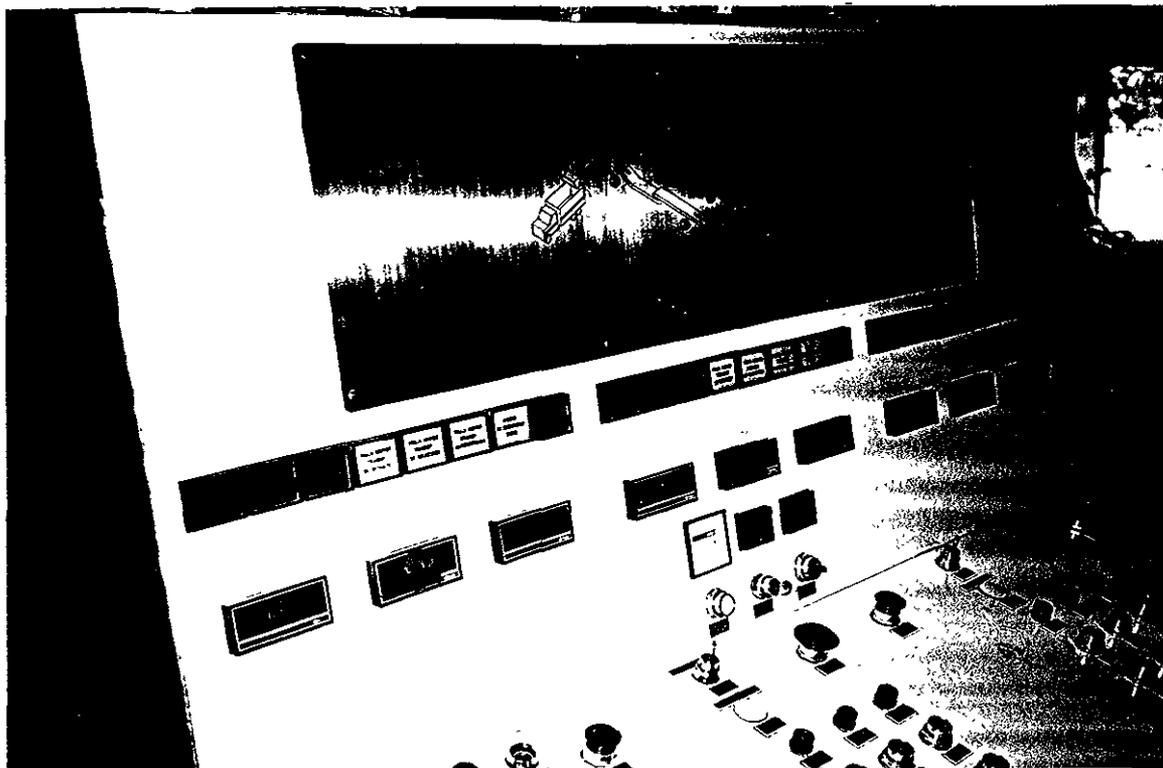
**Relleno sanitario de Tlanepantla:** Dos vistas de la operación, arriba puede verse que el sitio escogido es una antigua mina de tepetate que ha dejado un corte en el cerro que deberá llenarse hasta obtener la imagen de la maqueta. Esto requerirá de la protección de los farellones para evitar infiltraciones de contaminantes por esa vía. Abajo vemos la operación de las dos máquinas típicas de los rellenos sanitarios, el tractor (D7K) que mueve y dispone los residuos y el vehículo compactador con ruedas con pisonés en V invertida (a la derecha).



**Relleño sanitario de Tlanepantla:** Arriba se muestra la laguna de lixiviados desde donde se planea el bombeo de recirculación a las celdas. Abajo en un borde del sitio el sembrado de la cortina triple de árboles de protección del sitio.



Estación de Transferencia de Central de Abastos en el D.F. : En la foto de arriba en el patio de descarga (que debe ser a cubierto) un camión de volteo descarga en la tolva N° 2, abajo en la línea de recepción los trailers en espera de ser llenados. Visitada en Septiembre de 1998.



Planta de Selección de Reciclados de San Juan de Aragón: En la foto superior la consola de control de las bandas de las líneas de producción (marcha y velocidad), abajo las líneas de producción en operación.



Planta de Selección de Reciclados de San Juan de Aragón: En la foto superior la zona de carga de las líneas de producción y abajo la zona ubicada bajo las líneas donde se prensan y embalan los subproductos.



**“La basura”**: Fresco sobre muro directo (1924), de José Clemente Orozco realizado en el Antiguo Colegio de San Ildefonso. Muestra la connotación negativa asociada al término Basura como algo deleznable. Por esto, para incidir en un cambio de actitud con relación a lo que sobra de los procesos productivos y domésticos, es que se ha tratado de cambiarlo por el de residuos, que señala algo que queda de un proceso y que puede ser utilizable.