

22  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO



"Estudio de Factibilidad Técnico-Económica de un Sistema de Manejo de Residuos Sólidos en la Cd. de México"

Tesis que para obtener el Título de Ingeniero Mecánico-Electricista (Area Industrial), presentan:

Fernando Arvizu Ferrer y  
Carlos Atli Córdova Geirdal

Director de la Tesis: Ing. Manfred Rucker

Ciudad Universitaria, Noviembre 1994

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA DE UN SISTEMA  
DE MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
EN LA CIUDAD DE MEXICO.

Fernando Arvizu Ferrer.  
Carlos Córdova Geirdal.

## INDICE

### 1) Introducción.

- 1.1) Objetivo.
- 1.2) Alcances y Metodología.
  - 1.2.1) Alcances de la Tesis.
  - 1.2.2) Metodología.
- 1.3) Antecedentes y marco de referencia.
  - 1.3.1) Marco jurídico ecológico.
  - 1.3.2) Soluciones al problema de los residuos.

### 2) Definición del proyecto.

- 2.1) Identificación de los materiales que se recuperarán de la total de los R.S.
- 2.2) Selección del área.
- 2.3) Estudio del manejo actual de los R.S. en el área seleccionada.
  - 2.3.1) Composición de los residuos sólidos en el área seleccionada.
  - 2.3.2) Recolección y separación.
  - 2.3.3) Disposición final.
- 2.4) Alternativas de separación y recolección de los R.S.
  - 2.4.1) Separación.
  - 2.4.2) Recolección.
- 2.5) Propuesta de manejo de R.S. en el área seleccionada.
  - 2.5.1) Análisis de las deficiencias en el manejo actual de los residuos.
  - 2.5.2) Partes involucradas y estructura organizacional del Sistema de Manejo de R.S.
  - 2.5.3) Manejo de la parte reciclable por un particular.
  - 2.5.4) Manejo de los residuos no incluidos en el programa de reciclaje por parte del DDF.
  - 2.5.5) Responsabilidades de las partes involucradas en el manejo de los R.S.

### 3) Evaluación del proyecto.

- 3.1) Estudio de mercado.
  - 3.1.1) Estudio de mercado para latas de aluminio recuperadas.
  - 3.1.2) Estudio de mercado para periódico, cartón y papel recuperados.
  - 3.1.3) Estudio de mercado para latas de hojalata recuperadas.
  - 3.1.4) Estudio de mercado para vidrio recuperado.
  - 3.1.5) Estudio de mercado para plásticos recuperados.
- 3.2) Tamaño de la planta.
- 3.3) Localización de la planta.

INDICE  
(continuación)

- 3.4) Ingeniería de proyecto.
    - 3.4.1) Sistema de separación y recolección.
    - 3.4.2) Planta recuperadora de materiales.
  - 3.5) Análisis económico-financiero.
    - 3.5.1) Estimación de la Inversión Fija y el Capital de Trabajo.
    - 3.5.2) Análisis de Punto de Equilibrio.
    - 3.5.3) Estados Financieros.
    - 3.5.4) Evaluación económica.
- 4) Conclusiones y recomendaciones.

## 1) Introducción.

Como estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica - Eléctrica en el Area de Ingeniería Industrial decidimos escribir una tesis que incluyera aspectos técnicos junto con administrativos y de organización humana sobre una temática de relevancia actual.

Creemos que una propuesta sobre el manejo de los residuos sólidos (especializada en el reciclaje de parte de estos) incluye los factores citados y sirve, al mismo tiempo, para entender las interrelaciones existentes en la tendencia cada vez más fuerte de combinar el desarrollo industrial con un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente.

Se ha considerado, en la planeación y durante el desarrollo de la presente tesis, que el reciclaje (al igual que las demás alternativas de manejo de residuos) no debe llevarse a la práctica por cuestiones de "moda". Debe de existir un sustento técnico-económico que permita que soluciones de este tipo sean realmente efectivas.

### 1.1) Objetivo:

Demostrar la factibilidad técnico-económica de un Sistema de Manejo de Residuos Sólidos en la Cd. de México. Se tratará de reducir al máximo la cantidad de residuos sólidos que son depositados en rellenos sanitarios en el D.F., recuperando la mayor cantidad de materiales posible.

### 1.2) Alcances y metodología:

En esta sección se establecerán los diferentes alcances de la presente tesis, así como la metodología que se empleará para lograr el objetivo de la misma.

En los alcances se definirá la profundidad con la que se determinarán las características del sistema productivo que se propondrá; en la metodología, la forma y los medios por los cuales se llegará al objetivo con la profundidad determinada.

#### 1.2.1) Alcances de la tesis:

En general los alcances de la presente tesis deberán ser tales que permitan:

- La determinación de los materiales a reciclar, a tal grado que el reciclado de estos materiales permita asegurar una mayor probabilidad de rentabilidad de la industria propuesta.

- La determinación de la forma en que se va o se van a reciclar los materiales seleccionados. Hasta el punto de sugerir sistema de recolección, equipos, materiales e insumos, etc. que conjuntamente resulten en el sistema productivo más eficiente y

economicamente viable dentro de las limitaciones que imponen el entorno tecnológico, económico y de mercado actuales en México.

- Determinar la localización de la planta recicladora. Se buscará un lugar que debido a las condiciones de los mercados de materia prima y de producto terminado sea el más apropiado.

- La determinación de inversiones iniciales y costos necesarios para la instalación y utilización de la planta, así como utilidades, Tasa interna de retorno y otros indicadores económicos de dicha planta. La profundidad en la estimación de estos puntos deberá ser tal que permita recomendar o no el establecimiento de una industria de estas características.

#### 1.2.2) Metodología:

Con esta metodología se pretenden establecer las características del sistema productivo que satisfaga el objetivo de esta tesis.

La presente tesis se desarrolla en tres partes fundamentales.

En la primera se realizará una introducción a la problemática de los residuos y a las soluciones existentes para la misma. Esta parte sirve como marco general de este estudio.

La segunda trata de la definición del proyecto, en ella se determinarán las características del Sistema de Manejo de Residuos Sólidos. Entre esas características estan:

- Materiales a reciclar.- Los materiales a reciclar serán determinados en base a:

\* La existencia de un mercado para los mismos que actualmente ya exista, lo cual se conocerá con una investigación de campo consistente en la vista a depósitos donde ya se comercializan algunos materiales postconsumo.

\* La facilidad técnica para su separación y reprocesamiento. Dicha facilidad será determinada a partir de una investigación documental y de campo.

- El área de la cual se obtendrán los materiales reciclables.

Se determinará a partir de una consulta de información relacionada con los volúmenes y composición de los residuos sólidos en distintas partes de la Cd. de México. Se establecerán índices que reflejen cual de las distintas áreas sería más apropiada para el establecimiento del sistema para cumplir así de mejor forma los objetivos de esta tesis.

- La forma en que se realizará la separación-recolección y disposición final de los residuos.

Se plantearán las distintas alternativas existentes para cada una de formas de separación y recolección por medio de una consulta bibliográfica. Se tomarán en cuenta las características de los residuos sólidos del área seleccionada que incluirán también las composiciones por tipo de generador para así proponer un sistema de separación y recolección adecuado para el área. También se estudiará el manejo actual de los residuos en el área seleccionada por medio de investigación de campo y documental que servirá como punto de referencia para nuestra propuesta.

Finalmente la tercera parte de este estudio consistirá en la evaluación técnico-económica del proyecto. Dicha evaluación consta de las siguientes partes:

Estudio de mercado.- La intención de este estudio es estimar la cantidad de los distintos materiales recuperados que es posible vender, las especificaciones de estos y los precios que los consumidores potenciales están dispuestos a pagar. Este tipo de información se obtendrá a partir de una investigación de campo, realizando visitas a clientes potenciales.

Con la información resultante del estudio de mercado se tomará la decisión respecto al tamaño de la planta recomendable. Así mismo se obtendrá un programa de producción. Ambos servirán como punto de partida para la ingeniería de proyecto.

Localización de la planta.- Para este tipo de proyecto la localización de la planta estará restringida por las condiciones y localización del área seleccionada para aplicar el sistema de manejo de los residuos, así como por las características del proceso de reciclaje, en donde los insumos para la planta separadora de los mismos se recibirán frecuentemente. Por lo que se hará un análisis del área donde se establecería el sistema de reciclaje, tomando en cuenta los elementos existentes del actual manejo de residuos sólidos como estaciones de transferencia y rellenos sanitarios.

Ingeniería de proyecto.- Esta etapa de la evaluación del proyecto cumple dos funciones, la primera aportará información que permita hacer una evaluación económica del proyecto, la segunda consiste en proporcionar bases técnicas sobre las cuales se construiría e instalaría la planta en caso de ser factible. Dichas funciones se llevan a cabo con la realización de una serie de actividades como son: balance de materiales, selección de equipo, dimensionamiento del mismo, cuantificación de mano de obra necesaria y de insumos, etc.

Análisis financiero.- Con la información obtenida de las partes anteriores se realiza un estudio de las condiciones económicas bajo las cuales operaría el Sistema de Manejo de Residuos. Se harán cuantificaciones de inversión fija, capital de trabajo, ingresos, egresos, etc. En esta parte se hace la evaluación económica del proyecto para determinar su factibilidad.

### 1.3) Antecedentes y marco de referencia.

La evolución del manejo de los residuos se ha dado de acuerdo a la forma en que los humanos han cambiado sus formas de organización en sus comunidades.

Al principio, el modo de vida nómada no requería un manejo de los residuos, los grupos humanos no permanecían mucho tiempo en un lugar como para que la acumulación de residuos se convirtiera en un problema digno de tomarse en cuenta. Al establecerse estos grupos en lugares fijos se iniciaron las grandes concentraciones humanas, con el posterior desarrollo de una serie de actividades generadoras de residuos, lo cual hizo que gradualmente se hiciera necesario un manejo de los mismos.

Ya en el año 500 A.C. se organizó en Atenas una especie de "tiradero municipal", donde se obligaba a los recolectores de los residuos a depositarlos a por lo menos una milla de distancia de las murallas de la ciudad. Esta práctica continuo en las grandes ciudades por mucho tiempo, el principal objetivo era alejar los residuos, siendo esto una responsabilidad individual, es decir, los gobiernos no consideraban de gran importancia este problema y por lo tanto no lo regulaban.

Sin embargo, llego el momento en que los residuos se concentraron de tal forma que amenazaron la salud y seguridad de los habitantes de las ciudades.

Por lo que en Inglaterra, en el año de 1388 el parlamento prohibió la disposición de los residuos en canales públicos. Así pues, los gobiernos fueron asumiendo cada vez más responsabilidades respecto al manejo de los residuos; por otro lado, el concepto de bienestar se fue transformando, por lo que ya a mediados del siglo XIX, los habitantes de las grandes ciudades exigían a sus gobiernos un tratamiento más adecuado de los desechos.

Los rellenos sanitarios fueron la primera solución "organizada" al problema de los residuos, y aunque aún funcionan en nuestros días, no representan una solución en cuanto a la disminución del volumen de los desechos y representan un despilfarro de materiales aún utilizables; por lo cual, a mediados del siglo pasado, se buscaban alternativas para la solución de este problema. En 1874, en Nottingham, Inglaterra se instaló el primer incinerador, tiempo después, se utilizaron equipos semejantes pero que aprovechaban la energía de la incineración para la producción de vapor; grasas y aceites fueron recuperados para su reutilización en la fabricación de jabones y velas; los metales, tan valiosos en tiempos de guerra justificaron el establecimiento de programas públicos de reciclaje no muy sofisticados.

El panorama actual del tratamiento de los residuos sólidos tiene como antecedentes más recientes:

- El gran desarrollo industrial iniciado a partir de la segunda guerra mundial, el cual dio como resultado la creación de zonas muy pobladas, el incremento en la contaminación ambiental y por ende una mayor percepción de la misma por la sociedad, y por el otro un desarrollo científico que permitió un mayor conocimiento del medio ambiente y la concepción de la idea de que las materias primas son recursos finitos.

- La crisis energética de los 70's, la cual obligó a los países industrializados no productores de petróleo a racionalizar el uso de combustibles fósiles.

Estos antecedentes dieron como consecuencia las principales tendencias en cuanto al problema de los residuos:

\* Aprovechamiento de los residuos, lo cual se da mediante dos formas principales: generación de energía a partir de los desechos y reciclaje.

\* Disminución de la generación de los residuos.

\* Una disposición final no nociva al medio ambiente.

En la presente tesis se tratará el tema de reciclaje, puesto que es una de las formas en que se aprovechan más los residuos, pues les da un valor agregado convirtiendolos en productos útiles nuevamente; además, el reciclaje de materiales representa un ahorro sustancial de energía si se le compara con el ciclo total de elaboración de productos nuevos con materiales 100% vírgenes.

### 1.3.1) Marco jurídico ecológico.

En México, el tratamiento de los residuos sólidos y en general las disposiciones referentes a la política ecológica están reguladas en primera instancia por la Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente (LGEPA), de la cual se han expedido reglamentos para la aplicación de la misma. También existen una serie de Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos sólidos municipales. A continuación se hace una breve descripción de la LGEPA y de los reglamentos derivados de esta.

- Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente.

Esta ley publicada el 28 de enero de 1988 establece un sistema integral de concurrencias entre la Federación, los Estados y los Municipios. Define la política ecológica general y regula los instrumentos para su aplicación.

Se han expedido cuatro reglamentos a partir de la Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente en materia de:

- Impacto ambiental.
- Residuos peligrosos.
- Prevención y control de la contaminación generada por los vehículos automotores que circulan en el D.F. y los municipios de su zona conurbada.
- Prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

Previos a la expedición de esta Ley, fueron publicados los siguientes reglamentos aún vigentes:

- Prevención y control de la contaminación de aguas.
- Protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruidos.

A continuación se presenta un resumen de los artículos de la Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente sobre residuos sólidos y una relación de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos sólidos municipales (Tabla 1.3.1.1, tabla 1.3.1.2 y tabla 1.3.1.3).

Tabla 1.3.1.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Título:	Capítulo:	Sección:
Primero.- Disposiciones generales.	I. Normas preliminares. II. Concurrencia entre la Federación, las Entidades Federativas y los Municipios. III. Atribuciones de la Secretaría y coordinación entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. IV. Política Ecológica. V. Instrumentos de la Política Ecológica.	1. Planeación ecológica. 2. Ordenamiento ecológico. 3. Criterios ecológicos en la promoción del desarrollo. 4. Regulación ecológica de los asentamientos humanos. 5. Evaluación del impacto ambiental. 6. Normas técnicas ecológicas. 7. Medidas de protección de áreas naturales. 8. Investigación y educación ecológicas. 9. Información y vigilancia.
Segundo.- Áreas naturales protegidas.	I. Categoría, Declaratorias y Ordenamiento de Áreas Naturales Protegidas.  II. Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. III. Flora y Fauna Silvestres y Acuáticas.	1. Tipos y caracteres de las Áreas Naturales Protegidas. 2. Declaratorias para Establecer, Conservar, Administrar, Desarrollar y Vigilar Áreas Naturales Protegidas.
Tercero.- Aprovechamiento racional de los elementos naturales.	I. Aprovechamiento racional del Agua y los Ecosistemas Acuáticos. II. Aprovechamiento racional del Suelo y sus Recursos. III. Efectos de la explotación de los Recursos no Renovables en el Equilibrio Ecológico.	
Cuarto.- Protección del ambiente.	I. Prevención y control de la Contaminación de la Atmósfera. II. Prevención y control de la Contaminación del Agua y los Ecosistemas Acuáticos. III. Prevención y control de la Contaminación del Suelo. IV. Actividades consideradas como Riesgosas. V. Materiales y Residuos Peligrosos. VI. Energía Nuclear. VII. Ruido, Vibraciones, Energía Térmica y Lumínica, Olores y Contaminación Visual.	
Quinto (Único).- Participación social.		
Sexto.- Medidas de control y seguridad.	I. Observancia de la Ley. II. Inspección y vigilancia. III. Medidas de Seguridad. IV. Sanciones Administrativas.	
Sanciones.	V. Recurso de Inconformidad. VI. De los Delitos de Orden Federal. VII. Denuncia Popular.	

Tabla 1.3.1.2 Resumen de los artículos de la LGEEPA sobre residuos sólidos.

Artículo	Contenido
6	El servicio de limpieza y la regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos le competen a las entidades federativas y a los municipios.
9	La Sedesol es responsable de expedir las NOM para el manejo y disposición final de cualquier residuo, en coordinación con la Secretaría de Salud. El DDF es responsable de proponer la expedición de disposiciones que regulen el manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, observando las NOM; y de establecer los sitios para su disposición final.
134	La generación de residuos sólidos municipales (RSM) e industriales debe ser racionalizada, incorporando técnicas para su reuso.
135	Lo anterior debe ser considerado para la operación de los sistemas de limpieza y la disposición final de los RSM en rellenos sanitarios, al otorgar autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos.
136	Debe evitarse que los residuos acumulados o infiltrados en los suelos sean factores contaminantes y los alteren nocivamente en su proceso biológico o su aprovechamiento, provocando riesgos y problemas de salud.
137	Los sistemas de manejo y disposición final de los RSM quedan sujetos a la autorización de gobiernos estatales o municipales.
138	La Sedesol celebrará acuerdos de coordinación y asesoría con las autoridades para implantar y mejorar sistemas de manejo de RSM, incluyendo la elaboración de inventarios y fuentes generadoras.
139	Todo depósito de material contaminante en el suelo se sujetará a lo que disponga esta Ley.
141	La Secofi promoverá la fabricación y utilización de empaques y envases cuyos materiales reduzcan la generación de residuos sólidos.
142	No se autoriza la importación de residuos para su disposición final en territorio nacional. El tránsito de residuos sólidos no peligrosos por el territorio nacional con destino a otra nación se autorizará sólo cuando el país de destino lo consienta.

Tabla 1.3.1.3 Normas Oficiales Mexicanas en Materia de RSM:

Clave	Nombre
NOM-AA-032-1976	Determinación del fósforo total.
NOM-AA-031-1976	Determinación del azufre.
NOM-AA-016-1984	Determinación de humedad.
NOM-AA-018-1984	Determinación de cenizas.
NOM-AA-024-1984	Determinación de nitrógeno total.
NOM-AA-025-1984	Determinación de PH.
NOM-AA-092-1984	Determinación del azufre.
NOM-AA-091-1985	Terminología de residuos sólidos.
NOM-AA-015-1985	Muestreo. Método de cuarteo.
NOM-AA-019-1985	Peso volumétrico in situ.
NOM-AA-022-1985	Selección y cuantificación de subproductos.
NOM-AA-052-1985	Preparación de muestras en el laboratorio para análisis.
NOM-AA-021-1985	Determinación de materia orgánica.
NOM-AA-033-1985	Determinación de poder calorífico superior.
NOM-AA-061-1985	Determinación de la generación.
NOM-AA-067-1985	Determinación de la relación carbono/nitrógeno.
NOM-AA-094-1984	Determinación del fósforo total.
NOM-AA-068-1986	Determinación de hidrógeno a partir de materia orgánica.
NOM-AA-080-1986	Determinación del porcentaje de oxígeno en materia orgánica.

Fuente: Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico.  
 Instituto Nacional de Ecología. Sedesol 1992.

### 1.3.2) Soluciones al problema de los residuos.

La solución más común que se le ha dado al problema de los residuos, específicamente al tratamiento de los residuos sólidos, tanto en nuestro país como en gran parte del mundo, ha sido la utilización de rellenos sanitarios. En otras partes del mundo se ha utilizado la incineración de los residuos, como por ejemplo en Europa, Japón y parte de los EEUU. Sin embargo, existe una serie de alternativas para el tratamiento de estos residuos sólidos, las cuales son aplicables de acuerdo a la naturaleza de los residuos mismos y a las condiciones técnico-económicas dadas. A continuación se describen algunas de dichas alternativas para el tratamiento de este tipo de residuos.

#### 1.3.2.1) Incineración con recuperación de energía:

El proceso de incineración es mucho más complicado que prender fuego simplemente a un montón de desechos. Para llevar a cabo la incineración de residuos sólidos es necesario conocer información tal como el poder calorífico de los mismos, el contenido de materias combustibles y de agua, de materiales no combustibles. Así mismo se deben de estudiar los gases que se generaran por la combustión de los residuos, los residuos resultantes como cenizas y escorias y el tratamiento de estos.

La incineración reduce el volumen de los residuos sólidos en un 70% aparte de su posibilidad de ser una fuente importante de energía. En países como Suecia, los incineradores de residuos aportan una considerable cantidad de electricidad y vapor para sistemas de calefacción doméstica.

Para una incineración con recuperación de energía eficiente es necesario contar con instalaciones modernas con tecnología adecuada para el filtrado de los gases resultantes de la combustión. Las fases de incineración completa son: recepción del material adecuado (previa selección), incineración del material, extracción de cenizas y escorias y depuración de los gases de combustión.

Para recuperar el calor de los gases de combustión se utiliza una caldera de calor residual: mediante la utilización de tubos de acero o cobre, situados en el hogar del incinerador, por los cuales se hace circular una corriente de agua, logrando así extraer el calor de la masa en combustión. El vapor obtenido de esta forma es utilizado en turbogeneradores similares a las de una planta eléctrica, para de esta forma transformar la energía calorífica de los residuos sólidos en energía mecánica y posteriormente en eléctrica.

Las escorias resultantes son materiales inorgánicos que pueden ser utilizados como rellenos para pavimentación de calles y otros usos similares. Dichas escorias representan aproximadamente del 5 al 10% en peso de los residuos sólidos

iniciales y son, desde el punto de vista higiénico, absolutamente inertes y fáciles de manejar.

#### 1.3.2.2) Relleno sanitario.

El relleno sanitario consiste en un lugar autorizado legalmente donde se depositan los residuos procedentes de un área determinada después de su clasificación para ser enterrada.

En los rellenos sanitarios, los residuos se distribuyen en capas de basura de 20 a 30 cms. de grueso y se compactan formando una celda que deberá recubrirse con una capa de tierra de 15 a 20 cms. en caso de que el terreno destinado para el relleno sanitario se sature, se debe de cubrir la superficie con una capa de tierra de 40 a 60 cms. llamada cubierta final, la cual tiene por objeto soportar el tránsito de vehículos, permitir la siembra de vegetación, la instalación de canales superficiales y la realización de nivelaciones posteriores del terreno.

La biodegradación como método de reducción de residuos sólidos es motivo de una gran controversia. En rellenos sanitarios, incluso ya clausurados, se puede confirmar que la mayoría de materiales "biodegradables" no se descompone debido a la falta de oxígeno y humedad. En estos lugares es posible encontrar residuos tales como zanahorias y periódicos practicamente en el mismo estado en el que fueron depositados en dichos rellenos. Por otro lado, la biodegradación produce gas metano el cual es explosivo y es un contaminante atmosférico. Los rellenos sanitarios pueden tambien causar contaminación de mantos acuíferos subterráneos si el terreno donde son instalados no fue impermeabilizado correctamente antes de su utilización como relleno.

Los residuos sólidos constituyen una importante fuente de materias primas y energía, por lo que "enterrarlos" constituye no solo una agresión al medioambiente sino tambien un despilfarro en términos económicos.

El empleo de rellenos sanitarios no puede eliminarse totalmente, pues aún con un sistema de manejo de residuos eficiente siempre existirá una parte de residuos no recuperable o resultante de procesos tales como la incineración (cenizas y escorias por ejemplo).

#### 1.3.2.3) Composteo.

La composta es una solución unicamente para la parte orgánica contenida en los residuos sólidos.

La composta se lleva a cabo mediante la fermentación de dicha materia orgánica; se produce en presencia del aire y por la acción de las bacterias contenidas. La composta tiene una aplicación como abono, ya que es un producto que contiene diversos elementos fertilizantes tales como nitrógeno, fósforo y

potacio. Existen basicamente dos procedimientos para la producci3n de composta:

Terminaci3n natural: Despu3s de molidos y regados con agua, los residuos son colocados en pilas de aproximadamente 2 mts. de altura durante tres meses. Durante el primer mes se revuelven cada diez d1as y una sola vez durante los dos meses restantes.

Fermentaci3n acelerada: Los residuos son almacenados en torres o cilindros donde se inyecta aire y son puestos en movimiento por un medio mec3nico. Con este proceso, la fermentaci3n se acelera a 15 d1as aproximadamente.

#### 1.3.2.4) Pir3lisis.

La pir3lisis es la descomposici3n de los elementos org3nicos contenidos en los residuos s3lidos, la cual se realiza a altas temperaturas y en ausencia de oxigeno. Mediante este proceso, la materia org3nica se convierte en l1quidos, gases y dem3s residuos, los cuales constituyen la mitad aproximadamente del volumen inicial. Mediante la pir3lisis es posible producir carb3n sint3tico, recuperar metanol, 3cido ac3tico y turpentina de madera. Este proceso requiere de reactores especialmente dise1ados para el tratamiento de los residuos.

Al generar residuos este proceso no resuelve totalmente el problema de los residuos s3lidos, en muchas ocasiones nada m3s los transfiere.

#### 1.3.2.5) Reciclaje.

El reciclaje es la reutilizaci3n de materiales una vez que estos han dejado atr3s su vida 1til como productos. Para ello es necesaria la recolecci3n diferenciada de los materiales reciclables como son el vidrio, el papel, los metales y los materiales sint3ticos (pl3sticos) para as1 poder transformarlos en productos 1tiles nuevamente.

El reciclaje (al igual que la composta) solo puede utilizar cierta fracci3n del total de los residuos s3lidos, por lo cual para un tratamiento integral de los residuos es necesario complementar el reciclaje con otras formas de tratamiento.

El reciclaje es una importante opci3n como soluci3n al problema de los residuos, sin embargo, debe tenerse en cuenta (al igual que con las otras alternativas) que tiene que ser un proceso econ3micamente viable, es decir, el valor del material recuperado final debe ser mayor al costo de su recolecci3n y reprocesado.

### 1.3.2.5.1) Reciclaje de metales:

Los metales recuperados son principalmente latas de aluminio, de hojalata y chatarra ferrosa. Las principales ventajas de la utilización de estos materiales es el ahorro de energía y el costo menor que representan comparados contra las materias primas vírgenes.

#### - Reciclaje de aluminio:

Las latas de aluminio estan incluidas en la mayoría de programas de reciclaje debido a que son un grupo de fácil identificación dentro de los residuos sólidos y a que el precio que se paga por estas latas recuperadas es el más elevado de todos los materiales normalmente recuperados.

Las latas de aluminio recuperadas son utilizadas en fundiciones para obtener "aluminio secundario". Durante la fundición de las latas se pueden adicionar otros materiales (eventualmente tambien aluminio virgen) para producir aleaciones que cumplan las especificaciones de la industria. El aluminio así obtenido puede ser utilizado en amplio rango de aplicaciones, incluyendo la elaboración de latas nuevamente.

#### - Reciclaje de hojalata:

Las latas de hojalata estan elaboradas basicamente de acero. La mayoría de ellas tienen un recubrimiento de estaño muy delgado para proteger el contenido de la lata de la corrosión. Otras latas estan hechas sin este recubrimiento y existen algunas que constan de una tapa de aluminio y el cuerpo de hojalata (conocidas como bimetalicas).

Aunque existen diferencias en la forma en que son elaboradas las latas pertenecientes a cada grupo (de hojalata con estaño, sin estaño y bimetalicas) no es necesario hacer separaciones para su reprocesamiento, todas ellas son igualmente reutilizables por la industria del acero y el hierro, por lo cual son normalmente incluidas en los programas de reciclaje.

Debido a las características magnéticas de la hojalata, este tipo de latas son facilmente separables de los demás residuos sólidos, por lo que son consideradas el material reciclable más fácil de separar y manejar en cualquier programa de reciclaje.

Los mercados existentes para las latas de hojalata recuperadas son las fundidoras y otras industrias del acero y el hierro así como compañías que se dedican a la de-estañización de las latas para vender por separado la hojalata y el estaño.

#### - Reciclaje de chatarra ferrosa:

La utilización de chatarra para la elaboración de productos nuevos no es algo nuevo, esta ha sido utilizada tradicionalmente

con este fin, sobretodo en Europa y los EEUU en épocas de guerra.

La chatarra es utilizada al igual que las latas de hojalata y aluminio en fundiciones para posteriormente ser convertida en productos nuevos. La demanda de chatarra se ha incrementado en los últimos años conforme la utilización de hornos eléctricos en las fundiciones se ha hecho más común, pues este tipo de hornos puede utilizar cargas compuestas hasta en un 100% por chatarra.

Los principales componentes de la chatarra pueden ser entre otros:

- Sobrantes de procesos de la industria del acero como troquelado y estampado.
- Vías y restos de ferrocarriles (la mayoría de los componentes de estos son de acero o hierro).
- Automóviles viejos.
- Restos de construcciones (como varilla, perfiles, tuberías, etc).

#### 1.3.2.5.2) Reciclaje de vidrio:

Del total de los residuos sólidos urbanos producidos en México, se considera que el vidrio participa con un 7%. Estos residuos de vidrio están compuestos principalmente por envases.

El vidrio junto con el papel y el cartón, es uno de los materiales que más fácilmente son reciclados, debido a que presentan muy pocos problemas técnicos para ser reutilizados. De hecho, el mayor problema para el reciclaje del vidrio es el acopio del mismo. De las 3'900,000 toneladas de vidrio que se produjeron en el país en 1991, el grupo Vitro captó únicamente 310,000 toneladas del material "postconsumo".

El problema principal para el reciclaje de vidrio es el color. El vidrio verde p.e. es considerado un contaminante en la recuperación de vidrio transparente y viceversa; por lo que para el reciclaje correcto del vidrio es necesaria una separación adecuada del mismo por colores.

Existen ya algunas soluciones al problema del color del vidrio como recubrimientos de origen orgánico que se queman durante el reciclado, por otro lado, en Japón se ha desarrollado un sistema que consiste en la aplicación de una capa en sistemas de reenvase para la decoración impresa por serigrafía, dicha capa es soluble en álcalis; con este proceso se pretende dar de forma simultánea una superficie decorativa y un recubrimiento protector.

Al reciclar el vidrio no solamente se disminuye la cantidad de residuos que de otra forma terminarían en rellenos sanitarios, también se ahorran cantidades considerables de energía al sustituir a las materias primas vírgenes.

### 1.3.2.5.3) Reciclaje de papel:

Para la fabricación de papel se utiliza basicamente celulosa. La celulosa es un componente de las fibras de las plantas, las más adecuadas para la producción de papel proceden principalmente de plantas coníferas.

La celulosa se obtiene por alguno de los siguientes procesos:

- Fabricación mecánica de pasta.
- Fabricación química de pasta.
- Fabricación quimotermomecánica de pasta.

Una vez obtenida la celulosa por alguno de estos procesos, esta es utilizada para la producción de los distintos tipos de papeles a través de diversas técnicas.

El papel recuperado es utilizado en la industria papelera en sustitución de la celulosa y se le conoce como "fibra secundaria".

La fibra secundaria de papel ha ido ganando cada vez más fuerza dentro de mercados tales como los Estados Unidos y muchos de los países de Europa Occidental. La demanda por la fibra secundaria de papel en Europa Occidental ha cuadruplicado la demanda por fibras vírgenes, mientras que en los Estados Unidos la demanda por esta fibra esta apenas por encima de la fibra virgen. En el caso de México la fibra secundaria es 3 veces más utilizada por la industria papelera que la celulosa.

El crecimiento de la fibra secundaria dentro del mercado a nivel mundial fué en el periodo de 1970 a 1988 de un 5% anual, teniendo que para el mismo periodo la fibra virgen creció a un ritmo de 2.5% también anual.

Una vez efectuada la recolección diferenciada de los distintos papeles, el proceso del reciclado del papel debe seguir una serie de operaciones simples, las cuales se describen a continuación:

- Desfibrado: Se usan equipos para la trituración por fricción del papel recuperado.

- Remoción de contaminantes: Los elementos a remover consisten principalmente en partículas de plástico, adhesivos de distintos tipos y partículas de vidrio y metal, los cuales deben ser removidos evitando que se fragmenten. El procedimiento utilizado es el tamizado con mallas finas.

La remoción de contaminantes pesados se hace con el uso de limpiadores. Los limpiadores también pueden remover contaminantes ligeros en una sola etapa mediante el uso de una centrifuga mecánica.

- Remoción de tintas: Para eliminar las tintas de los papeles recuperados se pueden combinar procesos mecánicos y químicos. Principalmente se pueden utilizar sistemas de lavado químico (este procedimiento también puede ser utilizado para materiales con alto contenido de cenizas) y procesos de flotación (mecánicos).

- Blanqueado: Esta etapa se desarrolla de forma gradual dependiendo de las necesidades de brillo del producto final, empleándose distintos productos químicos dependiendo del brillo requerido.

#### 1.3.2.5.4) Reciclaje de plásticos:

En el caso de los plásticos, los principales problemas técnicos se derivan del estado de los desperdicios que se deseen transformar, básicamente, de si dichos materiales sintéticos son del mismo tipo o si se trata de una mezcla de plásticos. Otro factor de gran relevancia es el grado de limpieza con que estos residuos cuentan al ingresar al proceso.

Tecnologías para el reciclado de plásticos:

Las tecnologías aplicables para el tratamiento de plásticos se dividen en dos grupos principales: Reciclaje de plásticos del mismo tipo y reciclaje de mezclas de plásticos. A continuación se hace una descripción de dichos procesos.

#### \* Reciclaje de plásticos del mismo tipo:

Para un reciclaje de plásticos eficiente, es recomendable seguir los siguientes puntos antes de iniciar su procesamiento:

- Mantener limpios los desperdicios, libres de contaminación de materiales tales como papel, vidrio, metales y plásticos de otro tipo.
- Clasificar los desperdicios según el tipo de plástico y el tamaño.
- Los desperdicios provenientes de una recolección diferenciada deben estar libres de aceites, detergentes y azúcar. Por lo general los desperdicios obtenidos de esta forma requieren de un lavado posterior a la molienda.

Las etapas que componen el proceso completo son las siguientes:

- Molienda: Para la molienda se utilizan molinos especiales según la forma y el material que se desea reciclar; los parámetros más importantes para la elección de un molino son:

- Tipo de plástico.
- Estado del material y forma de este (cuerpos huecos, rebabas, coladas, masa fundidas, etc.)
- Dimensiones del material a triturar.
- Humedad media.
- Granulometría requerida.
- Densidad del plástico.
- Grado de contaminación por materiales extraños.

Recientemente se ha desarrollado un método de molienda para alcanzar mejores tamaños de partícula (más pequeños y homogéneos) llamado "Molienda Criogénica", con este tipo de molienda se pueden obtener polvos utilizables en revestimientos, rotomoldeo, mezclas secas, soluciones de polímeros, etc.

La molienda criogénica utiliza compuestos refrigerantes (criogénicos), comunmente Nitrógeno, los cuales tienen temperaturas de ebullición menores a los -73 grados centígrados. Como la mayoría de los polímeros presentan fragilidad por debajo de estas temperaturas, el uso del compuesto criogénico propicia que los plásticos se vuelven más rígidos logrando así un molido más fino.

Así pues, la molienda criogénica proporciona un tamaño de partícula homogéneo y mínimo, aún cuando el molino es alimentado con materiales diferentes.

En el caso de los hules por ejemplo, la molienda criogénica es el único proceso existente para su micropulverización.

- Limpieza: Cuando existen contaminantes fuertemente adheridos tales como tinta, etiquetas de papel y adhesivos, estos deben ser eliminados, generalmente a mano, antes de la molienda.

Después de la trituración de los plásticos estos son lavados en tinas llenas de agua que cuentan con agitadores mecánicos.

Posteriormente con el material ya molido, lavado y seco dentro del extrusor, se utiliza un sistema de mallas o tamices intercambiables colocados dentro del cilindro del extrusor, para retener algún contaminante que aún pudiese estar en el plástico recuperado.

- Compactado: El compactado es necesario para plásticos que fueron conformados como películas, fibras y materiales espumados, y tiene el objetivo de aumentar la densidad de estos. El compactado se lleva a cabo en equipos que elevan la temperatura de los plásticos, estos equipos funcionan por medio de un sistema de cuchillas de alta velocidad que ocasionan la aglomeración del material.

- Extrusión de los pellets: Esta extrusión se da con un dado

especial que tiene perforaciones de 2mm. de diámetro aproximadamente. Al salir del extrusor se realiza el corte por medio de cuchillas a la cabeza del dado. A este tipo de corte se le denomina "pelletizado en caliente". Si la tira resultante de la extrusión es enfriada en tinas de agua y posteriormente cortada, el proceso recibe el nombre de "pelletizado en frío".

Para reestablecer o mejorar las propiedades del producto reciclado se pueden utilizar aditivos, con los cuales los plásticos reciclados tienen más posibilidad de competir con los materiales vírgenes. Los aditivos que pueden emplearse para tal propósito pueden ser:

- Cargas.
- Fibra de vidrio.
- Agentes de acoplamiento.
- Antioxidantes.
- Estabilizadores de luz U.V.
- Modificadores de impacto.
- Agentes nucleantes.
- Agentes desmoldantes.
- Retardantes de flama.

#### \* Mezclas de plásticos:

Este proceso se emplea cuando la separación de los plásticos que conforman la mezcla resulta difícil físicamente y costosa. Con el reciclado de mezclas se pueden obtener productos tales como barras, placas y otros productos moldeados, incluyendo la llamada "madera plástica" que se utiliza en algunas partes de Europa para la fabricación de estructuras.

Las etapas de este proceso son las siguientes:

- Fragmentación de los desperdicios.
- Si se cuenta con fracciones ligeras como películas, se procede a su compactación alcanzándose 8mm. de malla.
- Prelavado de la mezcla si es que esta contiene un alto nivel de contaminación orgánica.
- Alimentación del material a un silo; en este la mezcla no únicamente se almacena, en él se mezcla, se homogeneiza y se seca el material, en esta fase se pueden agregar aditivos y pigmentos. El silo está en continuo movimiento rotatorio para prevenir su apelmazamiento.
- La mezcla se descarga a una tolva intermedia, provista de un separador magnético de metales. Dicha tolva alimenta directamente al extrusor.
- En el extrusor o plastificador, la mezcla se calienta de 200 a 300 C. por fricción. La mezcla es llevada por compresión

hacia los moldes.

- Diez o veinte moldes montados rotativamente van siendo llenados en forma sucesiva en la salida del extrusor. Después en un baño de agua se enfrían y se retiran las piezas.

- Las piezas recién moldeadas se continúan enfriando posteriormente en estanques durante un periodo que puede durar de 8 a 10 hrs dependiendo de la configuración de las piezas. El objetivo de esta etapa es alcanzar el enfriamiento del centro y la estabilización del producto.

A pesar de que este proceso permite amplias tolerancias en cuanto a la composición de la mezcla, hay ciertas recomendaciones que deben tenerse en cuenta:

Debido a que algunos plásticos resultan ser incompatibles entre sí en estado fundido, una mezcla donde uno de los plásticos ocupe más del 50% es altamente aconsejable (este plástico generalmente es el Polietileno).

La inestabilidad térmica del PVC, puede representar problemas por desprendimiento de gases en el moldeo, por lo cual se recomienda que los niveles de este plástico no excedan el 10% en la mezcla. Otra alternativa es el empleo de un estabilizador para altas temperaturas, con lo cual se puede tolerar hasta un 50% de PVC en la mezcla.

Por el índice de fluidez tan alto del PET, considerablemente más alto que el de muchos plásticos comerciales, este debe ser primero granulado finamente de tal forma que actúe como carga en los productos moldeados. Para proporcionar tenacidad a la mezcla, la cantidad de PET presente no debe ser mayor del 20% del total.

El Poliestireno proporciona características de tenacidad, sin embargo, los poliestirenos "uso general" y "cristal" causan irregularidades en la superficie de las piezas moldeadas y el "expandible" tiene muy baja densidad para el proceso. Se recomienda que el porcentaje de PS en la mezcla no sea mayor del 10%.

\* Reciclaje de plásticos formados por polímeros diversos: Para el reciclaje de estos tipos se utiliza un proceso parecido al utilizado para las mezclas de plásticos.

La sociedad suiza Tissslan ha diseñado un sistema para el reciclaje de estos plásticos "heterogéneos". En dicho sistema, la masa caliente es transformada en productos terminados sin pasar por la peletización. Con este proceso se fabrican productos tales como señales viales, pasarelas de puentes, corrales para aves y ganado, etc.

El proceso de Tissslan comprende cuatro etapas:

- Lavado: El material es transportado por una banda con detector de metales. Por medio de una cortadora sumergida en agua (lo que elimina gran parte de la suciedad del material), se fragmenta el material y es transportado a tanques de flotación donde es lavado de nuevo, pasando después por una centrifuga para su secado, posteriormente el material es "soplado" en un silo con aire caliente y almacenado ahí mismo.

- Compactación: El silo donde el material fue almacenado en la etapa de lavado alimenta a un densificador o compactador, con rotores que mueven los materiales elevando así la temperatura de los mismos casi hasta el punto de fusión. Mediante un equipo automático se inyecta agua fría, la cual provoca la formación de partículas aglomeradas, las cuales son transportadas a la unidad mezcladora.

- Mezcla: En esta etapa se lleva a cabo en silos mezcladores, aquí se pueden agregar colorantes o aditivos, los silos alimentan a la máquina moldeadora.

- Moldeo: Una extrusora plastifica y mezcla el material inyectándolo en un molde concéntrico. En la zona más alejada del molde se encuentra un respirador, cuando el material empieza a salir por dicho respirador, se cierra la extrusora por medio de un control electrónico. Se proveen diez moldes sobre un carrusel que rota dentro de tanques de enfriamiento.

## 2) Definición del proyecto.

En esta sección se definirán las características generales del Sistema de Manejo de Residuos Sólidos, las cuales consisten en:

- Definir los materiales que se recuperarán de la totalidad de los residuos sólidos.
- El área para la cual se propondría el sistema de manejo.
- La forma en que los residuos sólidos serán separados, recolectados y cual será su disposición final.

Dentro de esta sección, y para el establecimiento de las características anteriores se estudia una serie de elementos necesarios para llegar a ellas, estos son:

- Volúmenes y composición de los R.S. en la Ciudad de México en sus distintas Delegaciones.
- Manejo actual de los R.S. en el área que se seleccionará.
- Precios de compra y venta de los materiales reciclables que actualmente se comercializan.
- Alternativas de separación y recolección existentes para los R.S.

### 2.1) Identificación de los materiales que se recuperarán de la totalidad de los residuos sólidos.

En teoría casi todos los residuos sólidos son aprovechables, algunos por ejemplo pueden ser utilizados en composta y otros son más propicios para su incineración con recuperación de energía. Una gran cantidad de los materiales contenidos en los residuos sólidos sería por si misma reciclable, sin embargo, debido a las formas en que ciertos productos son elaborados es difícil su reutilización.

Se seleccionarán de los distintos componentes de los residuos sólidos aquellos que tienen ya un mercado establecido (aunque incipiente) y los cuales por lo general no representan grandes problemas técnicos para su recuperación.

Para la identificación de los materiales que se recuperarían en el sistema se ha tomado como base información del DDF y del Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI). Esta información proporciona la composición y el volumen de distintos grupos de materiales dentro de los residuos sólidos.

En la tabla 2.1 se indica el tratamiento post-consumo recomendado para distintos componentes de los residuos sólidos.

Tabla 2.1 "Tratamiento postconsumo recomendado para distintos residuos".

GRUPO	TRATAMIENTO POST-CONSUMO RECOMENDADO	COMERCIALIZACION (SI O NO)
abatelenguas	incineracion	no
algodón	incineracion	no
cartón	reciclaje	si
cuero	incineracion	no
envase de cartón	incineracion	no
fibra dura vegetal	composta	no
fibra sintética	incineracion	no
gasa	incineracion	no
hueso	composta	no
hule	recic/incin	no
jeringa desechable	incineracion	no
lata	reciclaje	si
loza y cerámica	relleno san.	no
madera	incineracion	no
material de construcción	relleno san.	no
material ferroso	reciclaje	si
material no ferroso	reciclaje	si
neopreno (llantas)	reciclaje	no
pañal desechable	incineracion	no
papel bond	reciclaje	si
papel periódico	reciclaje	si
papel sanitario	incineracion	no
placas radiológicas	incineracion	no
plástico de película	reciclaje	si
plástico rígido	reciclaje	si
poliestireno expandido	reciclaje	si
poliuretano	reciclaje	si
residuo alimenticio	composta	no
residuo de jardineria	composta	no
residuo fino	relleno san	no
toallas sanitarias	incineracion	no
trapo	incineracion	no
vendas	incineracion	no
vidrio de color	reciclaje	si
vidrio transparente	reciclaje	si

Año: 1993.

Notas:

1. Los grupos incluidos en esta tabla son los mencionados en "Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos, en la zona metropolitana de la Cd. de México". DDF 1992.
2. EL tratamiento post-consumo recomendado se tomo de diversas fuentes, principalmente: "The Mc. Graw-Hill Recycling Handbook", Mc. Graw Hill 1993. y "Tetrapak y el medio ambiente", Boletín Tetrapak 1992
3. La información acerca de la comercialización de los distintos grupos de residuos fue recopilada en depósitos de compra-venta de materiales post-consumo.

Tabla 2.1 "Tratamiento postconsumo recomendado para distintos residuos".

GRUPO	TRATAMIENTO POST-CONSUMO RECOMENDADO	COMERCIALIZACION (SI O NO)
abatelenguas	incineracion	no
algodon	incineracion	no
carton	reciclaje	si
cuero	incineracion	no
envase de carton	incineracion	no
fibra dura vegetal	composta	no
fibra sintetica	incineracion	no
gasa	incineracion	no
hueso	composta	no
hule	recic/incin	no
jeringa desechable	incineracion	no
lata	reciclaje	si
loza y ceramica	relleno san.	no
madera	incineracion	no
material de construccion	relleno san.	no
material ferroso	reciclaje	si
material no ferroso	reciclaje	si
neopreno (llantas)	reciclaje	no
panal desechable	incineracion	no
papel bond	reciclaje	si
papel periodico	reciclaje	si
papel sanitario	incineracion	no
placas radiologicas	incineracion	no
plastico de pelicula	reciclaje	si
plastico rigido	reciclaje	si
poliestireno expandido	reciclaje	si
poliuretano	reciclaje	si
residuo alimenticio	composta	no
residuo de jardineria	composta	no
residuo fino	relleno san	no
toallas sanitarias	incineracion	no
trapo	incineracion	no
vendas	incineracion	no
vidrio de color	reciclaje	si
vidrio transparente	reciclaje	si

Año: 1993.

Notas:

1. Los grupos incluidos en esta tabla son los mencionados en "Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos, en la zona metropolitana de la Cd. de México". DDF 1992.
2. EL tratamiento post-consumo recomendado se tomó de diversas fuentes, principalmente: "The Mc. Graw-Hill Recycling Handbook", Mc. Graw Hill 1993. y "Tetrapak y el medio ambiente", Boletín Tetrapak 1992
3. La información acerca de la comercialización de los distintos grupos de residuos fue recopilada en depósitos de compra-venta de materiales post-consumo.

Los materiales que presentan mayores oportunidades para su reciclaje son:

- Cartón y papel en general (especialmente bond y periódico).
- Latas de aluminio.
- Material ferroso.
- Material no ferroso.
- Vidrio (transparente y de color)
- Plásticos.

Dichos materiales constan a su vez de:

- Papel: periódico, cartón, libros, revistas, propaganda, papel de oficina, empaques.
- Latas de aluminio: latas de aluminio.
- Material ferroso: hojalata, piezas de acero (varillas, acero estructural, piezas mecánicas, etc.).
- Material no ferroso: piezas de bronce, cobre, plomo.
- Vidrio: botellas de vidrio (transparente, verde y ámbar), frascos, vidrio plano, etc.
- Plástico: Los desperdicios plásticos constan basicamente de los siguientes grupos termoplásticos (se indican características y aplicaciones) :

\* Polietileno Baja Densidad (PEBD):

Entre sus características destacan su transparencia, flexibilidad, fácil procesamiento y presenta barrera unicamente a la humedad. Tiene un rango amplio de índices de fluidez, lo que lo hace transformable tanto por extrusión como por inyección, soplado o rotomoldeo.

Su mayor uso es el de bolsas domésticas e industriales, botellas para shampoo, leche o alcohol, así como recipientes para solventes y productos químicos, tapas, recubrimiento de alambre y cable, tanques de almacenamiento y juguetes, etc. Dentro de los polímeros es el más importante a nivel nacional y mundial por ocupar el primer lugar en consumo.

\* Polietileno Alta Densidad (PEAD):

El PEAD esta situado en segundo lugar en el consumo nacional, aunque la cantidad producida de este es apenas la mitad de la que se consume de PEBD.

El PEAD es rígido, de bajo costo, de fácil procesamiento y con una resistencia mecánica y dureza mayor que la del PEBD, aunque es facilmente rayable. Tiene buenas propiedades aislantes y resistencia química.

Al igual que el PEBD, no requiere de un control estricto de

temperaturas para su conformado, por lo que puede ser facilmente extruido, inyectado y soplado. En el caso del PEAD, tambien puede ser termoformado , debido a que presenta más resistencia a la plastificación que el de baja densidad.

Este plástico se usa principalmente en la elaboración de bolsas, cajas de refrescos, envases de productos, cuerpos de bobinas, cordeles, tinas de baño para bebe, cubetas, bidones y juguetes.

Entre los productos que pueden ser obtenidos del reciclado del polietileno de alta densidad (sobre todo del no coloreado) estan: botellas para detergentes, recipientes para basura, bases para botellas de refrescos, tubería para riego e instalaciones eléctricas, tambores, cajas de refrescos y otros productos.

#### \* Cloruro de Polivinilo (PVC):

El PVC es el termoplástico que esta en tercer lugar en consumo en México, después de los Polietilenos de alta y baja densidad. Esto debido a que es el único material susceptible de ser moldeado por 12 procesos diferentes y que se puede formular con 22 aditivos diferentes, lo cual da lugar a una gran cantidad de productos.

Las propiedades del PVC no se definen como polimero solo, sino como compuesto ya sea rígido, flexible o de aplicación especial.

Los compuestos rígidos son más pesados que los flexibles, con buenas propiedades mecánicas, pero con una elongación menor de 12%; su resistencia dieléctrica es muy buena y su temperatura de deformación esta entre 50 y 75 C.

Los compuestos flexibles tienen elongaciones entre 200y 400%, son de menor densidad que los rígidos y presentan igualmente buenas propiedades mecánicas. En los dos casos (rígidos y flexibles) se resisten ácidos y bases fuertes, así como algunos solventes orgánicos. La luz ultravioleta puede degradarlos.

Las aplicaciones de este polímero son múltiples, principalmente: tubería y conexiones, botellas para aceite y agua, película flexible, calzado, losetas para el piso, etc.

Algunas aplicaciones del PVC reciclado son: Tubería para drenajes, cercas, barandales, coladeras para alcañterillas, etc.

#### \* Polipropileno (PP):

A nivel mundial ocupa el tercer lugar en cuanto a consumo, en México el cuarto. Este polímero es obtenido de la polimerización del gas propileno.

Sus principales propiedades son la alta resistencia química y a la fatiga con una baja densidad.

Puede ser extruido (rafia, película y fibras), termoformado, soplado o inyectado. Aparte de la rafia, la película y las fibras, se utiliza para producir flejes, botellas, tapas, parrillas, ventiladores, filtros de aire, cordeles, carcasas de electrodomésticos, tuberías y cascos, laminaciones y coextrusiones.

En los E.U.A. el PP reciclado se utiliza principalmente para la fabricación de baterías, aplicaciones automotrices y algunos productos de consumo.

\* Poliestireno (PS):

Es una Familia de Polímeros de Estireno (Poliestirenos), los cuales se clasifican en:

**Poliestireno Cristal:** Termoplástico duro y rígido, amorfo, del cual se obtienen productos transparentes y rígidos. Resiste a los ácidos orgánicos excepto a los altamente oxidantes, las sales y la alcalis. Es atacado por ésteres, cetonas y ciertos comestibles con alto contenido de aceites o grasas. Presenta gran brillo y transparencia, aunque se amarillenta con radiación ultravioleta. Buena resistencia a la tensión, pero la resistencia al impacto es muy baja, por lo que se le considera un material frágil.

**Poliestireno Impacto:** Las piezas obtenidas con este plástico tienen un amortiguamiento a los golpes. Son por lo tanto rígidos, con resistencia a la tensión y a la compresión. También lo afectan los solventes aromáticos y clorados, con poca resistencia a las grasas y a las temperaturas elevadas.

**Poliestireno Expandible:** Es el mismo Poliestireno Cristal, que ha sido impregnado de un agente neumatógeno (n-pentano). Este agente al impregnarse en las perlas de material genera un hinchamiento de las mismas. Estas perlas moldeadas generan piezas muy ligeras de baja densidad, las cuales poseen una cantidad de absorción de agua muy baja y elevadas propiedades de aislamiento acústico y térmico.

Los Poliestirenos pueden ser transformados por los siguientes procesos:

- PS Cristal: Extrusión e inyección.
- PS Impacto: Extrusión, inyección y termoformado.
- PS expandible: Procesos especiales.

Las aplicaciones según el tipo de Poliestireno son:

PS Cristal: Canceles de baño, imitación de cristal, plumas, envases, cajas, juegos de geometría, plafones y cajas de

cassettes.

PS Impacto: Usado para hacer tapas, tapones, empaques, sacapuntas, platos y vasos desechables. Electrodomésticos, juguetes y tacones de zapatos, etc.

PS Expandible: Envases térmicos, flotadores, artículos navideños, empaque de piezas y alimentos. Envasado de productos fríos a calientes, aligeramiento en construcciones y aislamiento e tubería, techo y frigoríficos.

\* Tereftalato de Polietileno (PET):

Sus principales propiedades son de transparencia, tenacidad y barrera a gases, principalmente CO<sub>2</sub>.

En México se consumieron en 1991 10 000 toneladas de este material en botellas principalmente. El PET se utiliza para botellas de bebidas carbonatadas y otros envases para diversos productos alimenticios, cosméticos, medicamentos, detergentes líquidos, aceites y licores.

Algunos productos que pueden obtenerse de envases de PET recuperados son envases para productos no alimenticios, lámina para empaques con cubiertas rígidas y transparentes, pinturas industriales, moldes de piezas de ingeniería, etc.

Para la identificación de plásticos se ha convenido internacionalmente la utilización del logotipo de reciclaje encerrando un número que indica el material con el cual fue elaborada la pieza de plástico. La clasificación es la siguiente:

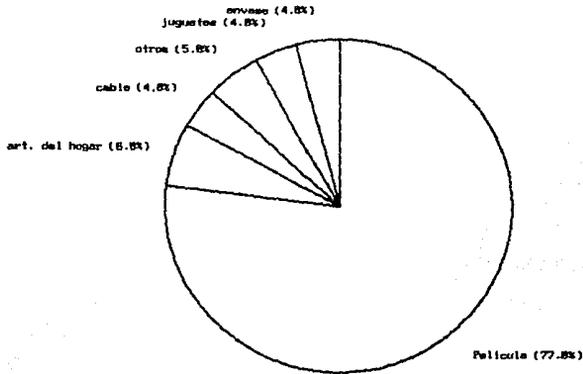
Identificación:

Resina:

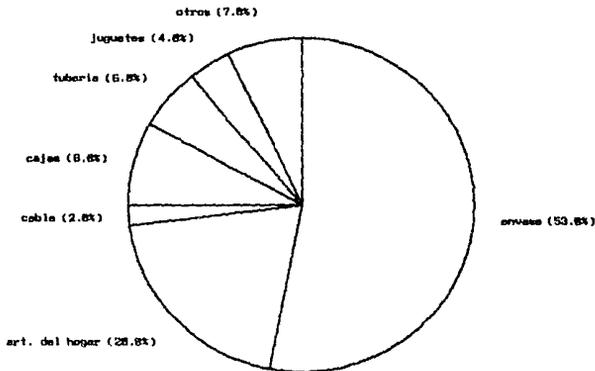
- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1 | Polietileno tereftalato (PET).       |
| 2 | Polietileno de alta densidad (PEAD). |
| 3 | Cloruro de polivinil (PVC).          |
| 4 | Polietileno de baja densidad (PEBD). |
| 5 | Polipropileno (PP).                  |
| 6 | Poliestireno (PS).                   |
| 7 | Otras resinas.                       |

A continuación se presenta de forma gráfica la composición según aplicaciones de los diferentes grupos de plásticos, así como el porcentaje que cada grupo plástico representa dentro de la totalidad de los residuos plásticos.

**Gráfica 2.1.1. Aplicaciones del PEBD**



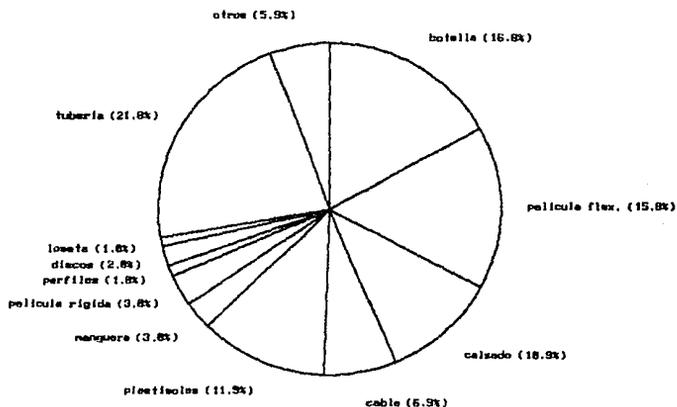
**Gráfica 2.1.2. Aplicaciones del PEAD**



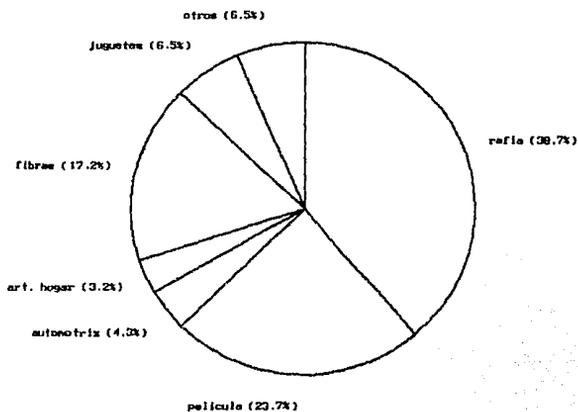
Año: 1990.

Fuente: Anuario Estadístico de la Industria del Plástico. IMPI 1991.

**Gráfica 2.1.3. Aplicaciones del PVC.**



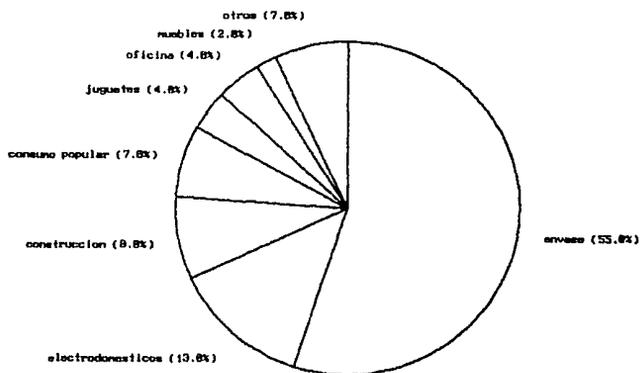
**Gráfica 2.1.4. Aplicaciones del PP.**



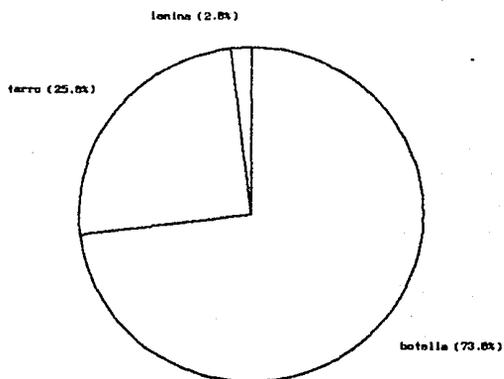
Año: 1990.

Fuente: Anuario Estadístico de la Industria del Plástico. IMPI 1991.

**Gráfica 2.1.5. Aplicaciones del PS.**



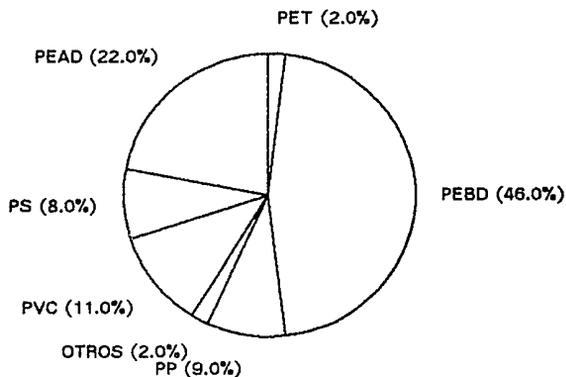
**Gráfica 2.1.6. Aplicaciones del PET.**



Año: 1990.

Fuente: Anuario Estadístico de la Industria del Plástico. IMPI 1991.

**Gráfica 2.1.7. Composición por grupo de los residuos plásticos.**



**Año: 1990.**

**Fuente: "Reciclado de plásticos... El negocio de los 90's".  
IMPI 1991.**

2.1.1) Especificación de los grupos de materiales que se recuperarán en el SMRS.

De forma genérica los materiales más propicios para su recuperación son aquellos empleados para envasar productos alimenticios y bebidas por las siguientes razones:

- Tienen una vida útil muy corta, por lo cual se les encuentra en mayores cantidades en los R.S.M.

- Los contaminantes principales que vienen con estos envases son principalmente residuos alimenticios, los cuales se pueden remover de los envases con relativa facilidad.

Estos envases abarcan los siguientes grupos:

- Latas de aluminio.
- Latas de hojalata.
- Envases de plástico.
- Botellas y frascos de vidrio.

La película de plástico no ha sido incluida debido a problemas que se presentan para su limpieza previa al reciclaje.

Por otro lado, el grupo de los papeles presenta también grandes oportunidades para su reciclaje. Se proponen los siguientes papeles para su recuperación:

- Cartón.
- Papel periódico.
- Papel bond y otros papeles de escritura.

## 2.2) Selección del área.

Se ha decidido que el Sistema de manejo de residuos sólidos se concrete a un área específica del D.F. Esa "área específica" será delimitada a una Delegación política, pues el manejo actual de los residuos sólidos está dividido por Delegaciones, lo que implica que por medio de instituciones oficiales (DDF y las mismas Delegaciones) se pueda obtener información que describe en mayor grado la problemática de los residuos sólidos (volúmenes, composiciones, principales generadores, etc.) y los medios asignados por el gobierno para atender dicha problemática, tales como equipos de recolección, personal empleado, presupuestos, etc.

Se seleccionará la Delegación que permita en mayor grado cumplir con los objetivos generales de esta tesis, es decir, que propicie la factibilidad económica del proyecto, que disminuya al máximo la cantidad de residuos que se depositan en rellenos sanitarios y a su vez que aumente la cantidad y variedad de materiales recuperados.

Para la selección del área se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la disminución de los residuos sólidos en los rellenos sanitarios, la Delegación seleccionada sería la que mayor volumen de residuos sólidos generará.

- La factibilidad económica del proyecto se verá beneficiada si se cuenta con una mayor concentración de los residuos, lo que disminuiría los costos de recolección.

- En términos globales, proveerá de mayores ingresos al proyecto el área donde exista una mayor cantidad de reciclables. Sin embargo se obtendrá un mayor aprovechamiento en aquella Delegación donde existan más residuos reciclables por tonelada de residuos sólidos totales.

Se presenta la tabla 2.2 elaborada con información del DDF y del INEGI que contiene las toneladas diarias generadas de materiales reciclables , así como el total de residuos, población y área por Delegación. También se presentan indicadores de los parámetros arriba mencionados, con los cuales se seleccionará la Delegación en la cual se aplicará el SMRS.

Tabla 2.2: Composición de materiales reciclables por delegación. Indicadores para selección del área. [Tons/día]

ALV.GB.	AZCAPOT.	B. JUAREZ	COYOACAN	CUAJIMALPA	CUAUHTE	G.A.MAD.	IZTACALCO	IZTAPA.	CONTRERAS	N.HIDALGO	MILPA ALTA	TLAHUAC	TLILPAN	V.CARRANZA	XOCHIM.	
No. de Delegación:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
cartón	33.04	37.55	36.09	30.99	5.88	97.48	76.85	31.35	103.72	14.89	43.64	3.86	10.67	22.61	65.77	12.26
lata	8.45	8.09	8.76	9.53	1.56	20.61	19.24	6.50	25.06	3.97	9.07	0.90	3.02	7.19	13.16	3.58
materal ferroso	7.73	6.98	6.79	8.87	1.45	15.91	19.05	5.99	28.88	2.81	8.24	0.87	2.69	6.10	16.09	3.54
materal no ferroso	2.86	3.75	5.64	2.99	0.54	16.72	6.11	2.48	8.65	2.50	4.10	0.32	1.16	2.23	6.20	1.02
papel bond	25.99	30.86	39.48	26.37	4.73	108.20	54.11	22.27	63.08	18.26	33.71	2.81	9.67	20.99	38.40	9.21
papel periodico	25.83	26.71	27.93	27.34	4.74	71.79	60.73	21.85	85.42	11.84	30.88	2.91	8.91	19.72	50.63	10.61
plastico de pelicula	25.89	25.00	20.96	26.71	4.70	48.01	60.23	21.88	79.65	9.42	28.59	2.89	8.47	19.27	41.53	10.67
plastico rigido	20.10	21.91	15.24	17.35	3.50	38.16	46.78	19.92	59.70	6.41	25.48	2.38	5.87	12.43	34.39	7.11
poliestireno expandido	3.86	3.79	4.45	4.32	0.71	10.51	7.97	2.84	8.55	2.27	3.98	0.39	1.44	3.44	1.53	1.54
poliuretano	0.94	1.03	1.14	1.04	0.17	3.22	2.67	0.87	4.83	0.31	1.34	0.12	0.31	0.67	3.59	0.43
vidrio de color	13.55	16.69	15.00	11.17	2.31	40.85	30.11	14.02	34.92	6.27	19.12	1.59	4.10	8.86	23.10	4.37
vidrio transparente	24.89	26.69	24.36	24.24	4.44	61.99	58.13	22.74	77.21	10.13	30.95	2.85	8.01	17.85	46.29	9.60
TOTAL REICICABLES	193.14	209.03	205.85	190.92	34.74	533.43	443.98	172.73	579.68	89.09	239.18	21.90	64.32	141.37	342.70	74.12
TOTAL RESIDUOS	609.88	611.31	582.23	635.27	111.72	1443.31	1431.16	519.08	1990.59	249.59	703.86	68.84	204.82	454.53	1132.18	251.49
POBLACION	642,753	474,688	407,811	640,066	119,669	595,960	1,268,068	448,322	1,490,499	195,041	406,868	63,654	206,700	484,866	519,628	271,151
AREA [HA]	7,720.00	3,330.00	2,663.00	5,389.00	8,095.00	3,244.00	8,662.00	2,290.00	11,506.00	7,536.00	4,640.00	28,375.00	9,178.00	30,499.00	3,342.00	12,517.00

1) RECIC./TOTAL	31.67%	34.19%	35.35%	30.05%	31.10%	36.96%	30.88%	33.28%	29.12%	35.71%	33.98%	31.81%	31.40%	31.10%	30.27%	29.47%
2) RECIC/HAB [Kg/hab]	0.30	0.44	0.50	0.30	0.29	0.90	0.35	0.39	0.39	0.46	0.50	0.34	0.31	0.29	0.66	0.27
3) RECIC/HA [Kg/ha]	25.02	62.77	77.30	35.43	4.29	164.44	51.03	75.43	50.38	11.82	51.55	0.77	7.01	4.64	102.54	5.92
4) RESIDUO/HAB [Zg/hab]	0.95	1.23	1.43	0.99	0.93	2.42	1.13	1.16	1.34	1.28	1.73	1.08	0.99	0.94	2.18	0.93
5) RESIDUOS/AREA [kg/ha]	79.00	183.58	218.64	117.88	13.80	444.92	165.22	226.67	173.00	33.11	151.69	2.43	22.32	14.90	338.77	20.09
DOM(%)	62.57%	37.91%	30.95%	64.34%	57.03%	18.74%	52.07%	40.24%	48.90%	43.11%	34.92%	48.72%	57.82%	62.53%	25.71%	64.56%
COM(%)	15.90%	15.97%	21.31%	12.64%	12.47%	28.38%	19.12%	16.20%	34.76%	8.01%	20.64%	16.72%	11.43%	7.30%	51.39%	15.23%
SER(%)	11.43%	22.46%	37.42%	18.40%	18.69%	41.91%	12.85%	15.79%	7.77%	44.16%	19.65%	15.87%	23.64%	21.15%	7.05%	13.76%
ESP(%)	2.16%	4.40%	4.88%	2.75%	1.54%	3.42%	3.51%	4.47%	1.01%	0.71%	4.98%	2.40%	1.56%	6.50%	5.29%	1.63%
A.PUB(%)	7.94%	19.26%	5.45%	1.87%	10.27%	7.55%	12.45%	23.30%	7.56%	4.00%	19.81%	16.29%	5.55%	2.52%	10.56%	4.81%

Año: 1991

Fuentes:

- Composición de materiales por Delegación fue tomada de

Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México". DDF 1992

- Los datos relativos a población y área de las diferentes Delegaciones se obtuvieron del "Anuario estadístico del D.F." INEGI 1992.

Tabla 2.2: Composición de materiales reciclables por delegación. Indicadores para selección del área. [ Tons/día ]

No. de Delegación:	ALV.OB.	AZCAPOT.	B. JUAREZ	COTACCAN	CUAJIMALPA	CUAUHTE	G.A.MAD.	IZTACALCO	IZTAPA.	CONTRERAS	M.HIDALGO	MILPA ALTA	TLAHUAC	TLALPAN	V.CARRANZA	XOCHIM.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
carton	33.04	37.55	36.09	30.99	5.88	97.48	76.85	31.35	103.72	14.89	43.64	3.86	10.67	22.61	65.77	12.26
lata	8.45	8.09	8.76	9.53	1.56	20.61	19.24	6.50	25.06	3.97	9.07	0.90	3.02	7.19	13.16	3.58
material ferroso	7.73	6.98	6.79	8.07	1.45	15.91	19.05	5.99	28.88	2.81	8.24	0.87	2.69	6.10	16.09	3.54
material no ferroso	2.86	3.75	5.64	2.99	0.54	16.72	6.11	2.48	8.65	2.50	4.18	0.32	1.16	2.23	6.20	1.02
papel bond	25.99	30.86	39.48	26.37	4.73	108.20	54.11	22.27	63.08	18.26	33.71	2.81	9.67	20.99	38.40	9.21
papel periodico	25.83	26.71	27.93	27.34	4.74	71.79	60.73	21.85	85.42	11.84	30.88	2.91	8.91	19.72	50.63	10.61
plastico de pelicula	25.89	25.00	20.96	26.71	4.70	48.01	60.23	21.88	79.65	9.42	28.59	2.89	8.47	19.27	41.53	10.67
plastico rigido	20.10	21.91	15.24	17.35	3.50	38.16	46.78	19.92	59.70	6.41	25.48	2.38	5.87	12.43	34.39	7.31
poliestireno expandido	3.86	3.79	4.45	4.32	0.71	10.51	7.97	2.84	8.55	2.27	3.98	0.39	1.44	3.44	1.53	1.54
poliuretano	0.94	1.03	1.14	1.04	0.17	3.22	2.67	0.87	4.83	0.31	1.34	0.12	0.31	0.67	3.59	0.43
vidrio de color	13.55	16.69	15.00	11.17	2.31	40.85	30.11	14.02	34.92	6.27	19.12	1.59	4.10	8.86	23.10	4.37
vidrio transparente	24.89	26.69	24.36	24.24	4.44	61.99	58.13	22.74	77.21	10.13	30.95	2.85	8.01	17.85	46.29	9.60
TOTAL REICLABLES	193.14	209.03	205.85	190.92	34.74	533.43	441.98	172.73	579.68	89.09	239.18	21.90	64.32	141.37	342.70	74.12
TOTAL RESIDUOS	609.88	611.31	582.23	635.27	111.72	1443.31	1431.16	519.08	1990.59	249.5	703.86	68.84	204.82	454.53	1132.18	251.49
POBLACION	642,753	474,688	407,811	640,066	119,669	595,960	1,268,068	448,322	1,490,499	195,041	406,868	63,654	206,700	484,866	519,628	271,151
AREA [HA]	7,720.00	1,330.00	2,663.00	5,389.00	8,095.00	3,244.00	8,662.00	2,290.00	11,506.00	7,536.00	4,640.00	28,375.00	9,178.00	30,499.00	1,342.00	12,517.00
1) RECIC./TOTAL	31.67%	34.19%	35.35%	30.05%	31.10%	36.96%	30.88%	33.28%	29.12%	35.71%	33.98%	31.81%	31.40%	31.10%	30.27%	29.47%
2) RECIC./HAB [Kg/hab]	0.30	0.44	0.50	0.30	0.29	0.90	0.35	0.39	0.39	0.46	0.59	0.34	0.31	0.29	0.66	0.27
3) RECIC./HA [Kg/ha]	25.02	62.77	77.30	35.43	4.29	164.44	51.03	75.43	50.38	11.82	51.55	0.77	7.01	4.64	102.54	5.92
4) RESIDUO/HAB [Kg/hab]	0.95	1.29	1.43	0.99	0.93	2.42	1.13	1.16	1.34	1.28	1.73	1.08	0.99	0.94	2.18	0.93
5) RESIDUOS/AREA [kg/ha]	79.00	183.58	218.64	117.88	13.80	444.92	165.22	226.67	173.00	33.11	151.69	2.43	22.32	14.90	338.77	20.09
DOM(%)	62.57%	37.91%	30.95%	64.34%	57.03%	18.74%	52.07%	40.24%	48.90%	43.11%	34.92%	48.72%	57.82%	62.53%	25.71%	64.56%
COM(%)	15.90%	15.97%	21.31%	12.64%	12.47%	28.38%	19.12%	16.20%	34.76%	8.01%	20.64%	16.72%	11.43%	7.30%	51.39%	15.23%
SER(%)	11.43%	22.46%	37.42%	18.40%	18.69%	41.91%	12.85%	15.79%	7.77%	44.16%	19.65%	15.87%	23.64%	21.15%	7.05%	13.76%
ESP(%)	2.16%	4.40%	4.88%	2.75%	1.54%	3.42%	3.51%	4.47%	1.01%	0.71%	4.98%	2.40%	1.56%	6.50%	5.29%	1.63%
A.PUB(%)	7.94%	19.26%	5.45%	1.87%	10.27%	7.55%	12.45%	23.30%	7.56%	4.00%	19.81%	16.29%	5.55%	2.52%	10.56%	4.81%

Año: 1991

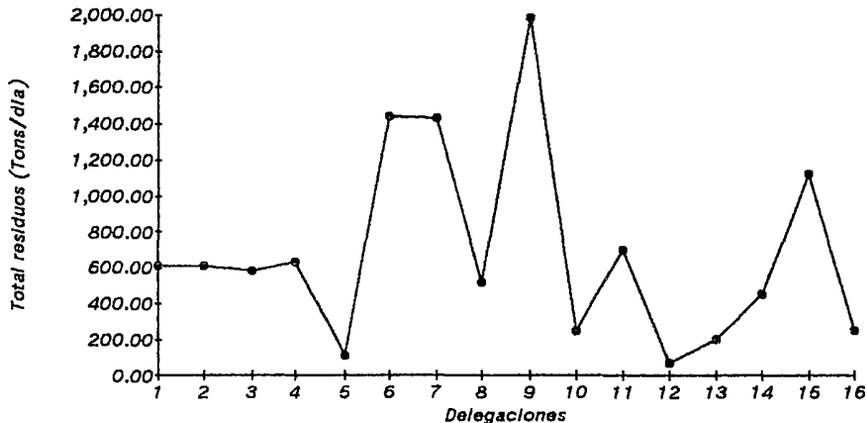
Fuentes:

- Composición de materiales por Delegación fue tomada de

Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México". DFF 1992

- Los datos relativos a población y área de las diferentes Delegaciones se obtuvieron del "Anuario estadístico del D.F." INEGI 1992.

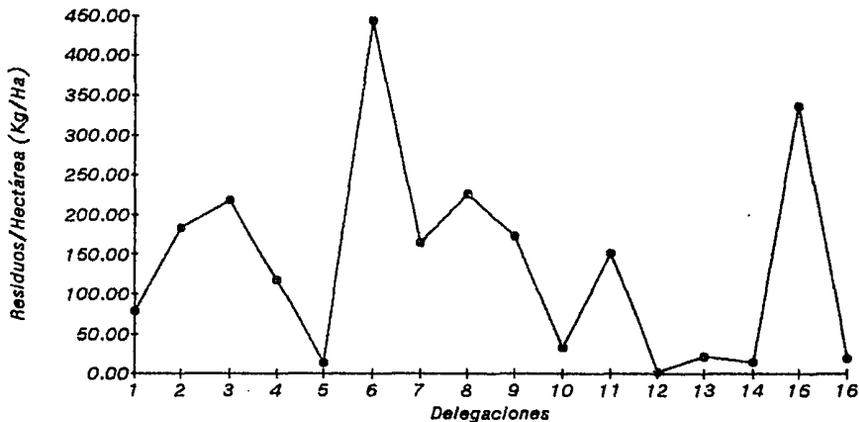
**Gráfica 2.2.1. Residuos por Delegación**



Año: 1991

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.2. "Composición de materiales reciclables por Delegación. Indicadores para selección del área".

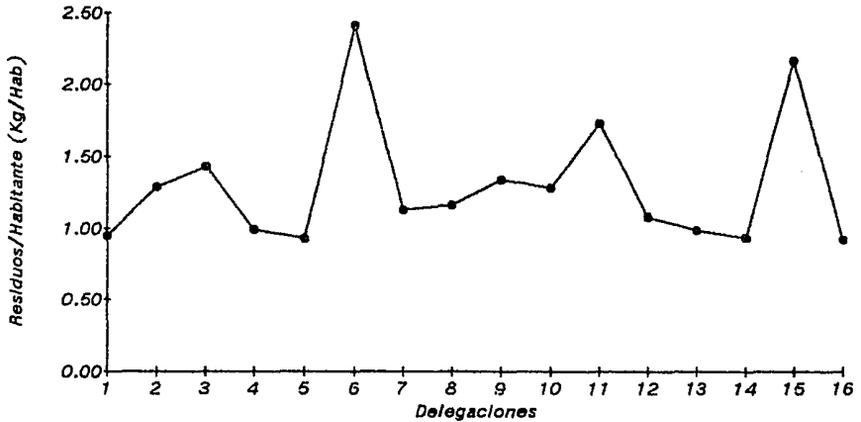
**Gráfica 2.2.2. Residuos por Hectárea.**



**Año: 1991**

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.2. "Composición de materiales reciclables por Delegación. Indicadores para selección del área".

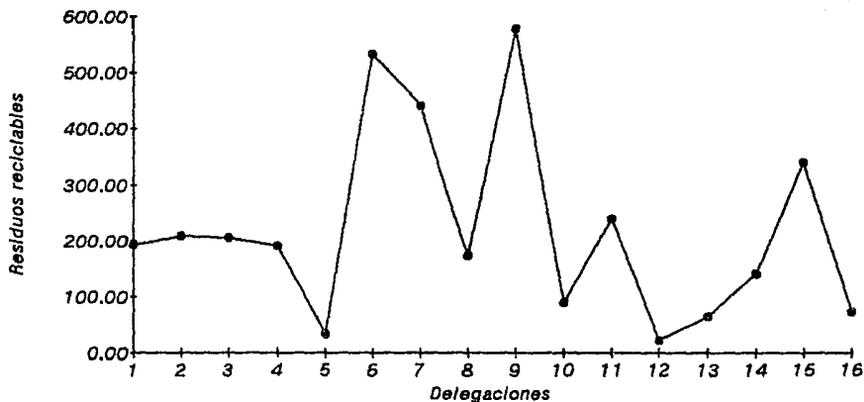
**Gráfica 2.2.3. Residuos percápita.**



**Año: 1991**

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.2. "Composición de materiales reciclables por Delegación. Indicadores para selección del área".

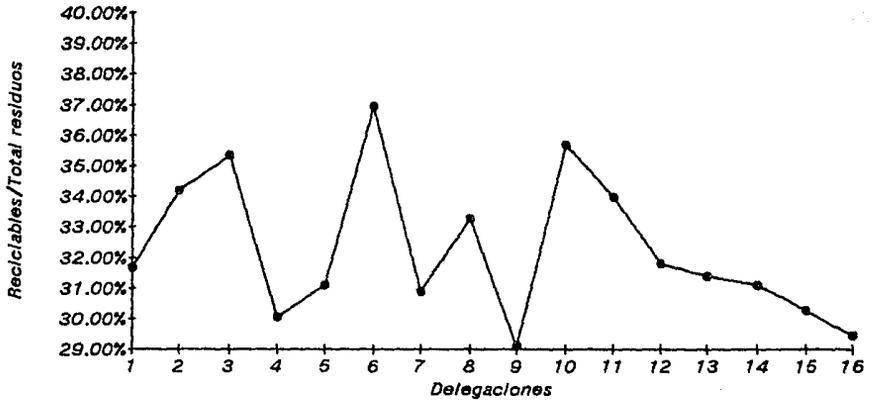
**Gráfica 2.2.4. Residuos reciclables.**  
(Tons/día)



Año: 1991

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.2. "Composición de materiales reciclables por Delegación. Indicadores para selección del área".

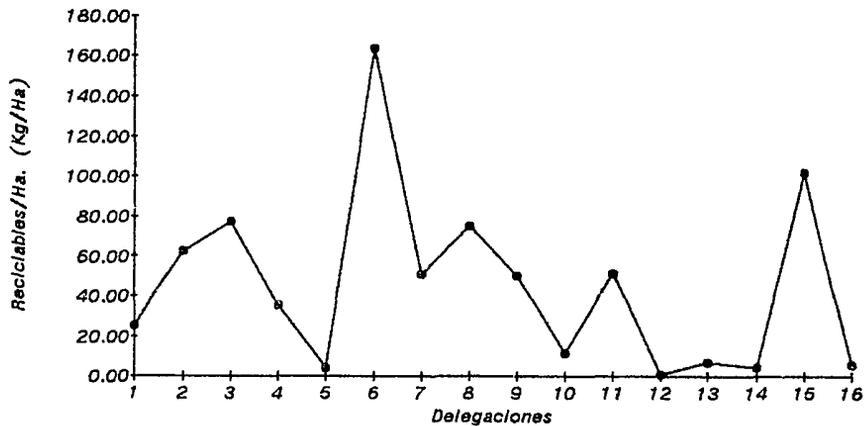
**Gráfica 2.2.5. Reciclables / Total**  
*Residuos.*



Año: 1991

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.2. "Composición de materiales reciclables por Delegación. Indicadores para selección del área".

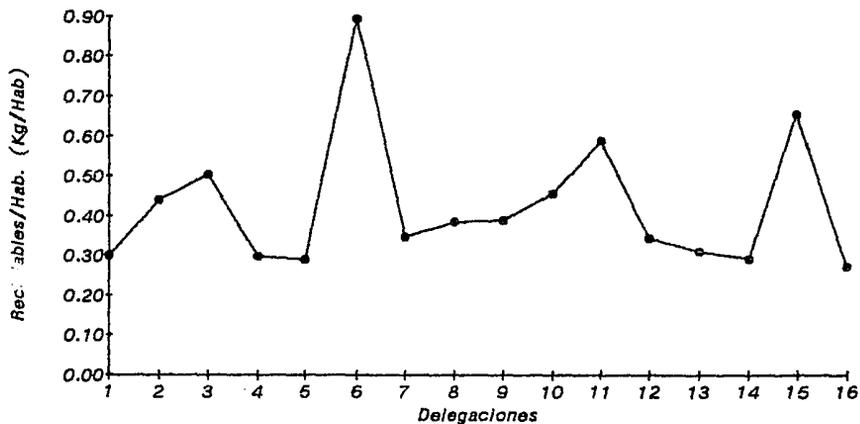
**Gráfica 2.2.6. Reciclables / Hectárea**



**Año: 1991**

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.2. "Composición de materiales reciclables por Delegación. Indicadores para selección del área".

**Gráfica 2.2.7. Reciclables percápita.**



Año: 1991

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.2. "Composición de materiales reciclables por Delegación. Indicadores para selección del área".

Por la información contenida en la tabla 2.2 se ha seleccionado la Delegación Cuauhtémoc para el establecimiento del SMRS, ya que los indicadores de la tabla mostraron que dicha Delegación cumple con los criterios en general mejor que las demás.

### 2.3) Estudio del manejo actual de los R.S. en el área seleccionada.

En la actualidad el manejo de los residuos sólidos lo lleva a cabo el DDF por medio de la Delegación Cuauhtémoc. A continuación se describe el tratamiento que se le da a los R.S en dicha Delegación. Se analiza la composición de los residuos, y la forma en que se realiza la separación, recolección y disposición final de los mismos.

#### 2.3.1) Composición de los residuos sólidos en el área seleccionada.

La composición de los residuos sólidos se expone en la tabla 2.3.1 En ella se indican los volúmenes de los distintos grupos de los residuos sólidos.

Tabla 2.3.1. Composición de los residuos reciclables en la Delegación Cuauhtémoc.

	[Tons/día]	[% De los RS]	[% De los RSR]
Cartón	97.48	6.75%	18.98%
Lata Aluminio	20.61	1.43%	4.01%
Material ferroso	15.91	1.10%	3.10%
Papel bond	108.20	7.50%	21.07%
Papel periodico	71.79	4.97%	13.98%
Plásticos			
PEBD	44.47	3.08%	8.66%
PEAD	21.27	1.47%	4.14%
PP	8.70	0.60%	1.69%
PVC	10.63	0.74%	2.07%
PET	1.93	0.13%	0.38%
PS	7.73	0.54%	1.51%
Otros	1.93	0.13%	0.38%
Vidrio de color	40.85	2.83%	7.95%
Vidrio transparente	61.99	4.29%	12.07%
Residuos no reciclables	929.81		
Residuos reciclables	513.50	35.58%	100.00%
TOTAL RESIDUOS	1443.31	100.00%	

*Participacion por generadores:*

Domiciliarios	18.74%
Comercios	28.38%
Servicios	41.91%
Especiales	3.42%
Areas publicas	7.55%

RS = Residuos sólidos.

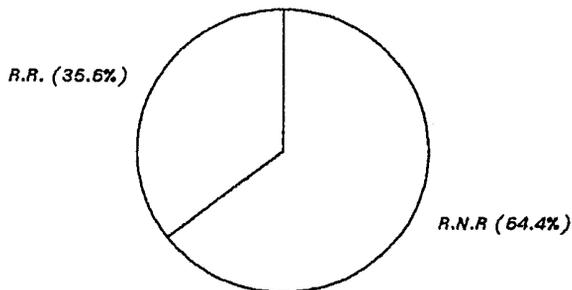
RSR = Residuos sólidos reciclables.

Año: 1991.

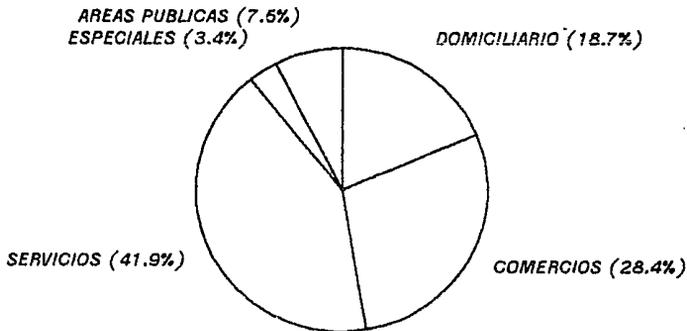
**Fuente:**

- La composición de residuos de la Delegación Cuauhtémoc fue tomada de "Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México", DDF 1992.
- La composición de los diferentes grupos de plásticos fue calculada con los porcentajes publicados en: "Reciclado de plásticos... El negocio de los 90's" referentes a la composición de los residuos plásticos. IMPI 1991.

**Gráfica 2.3.1.1. Residuos reciclables  
vs No reciclables**



**Gráfica 2.3.1.2. Participación por  
generador de RS. Del. Cuauhtémoc**



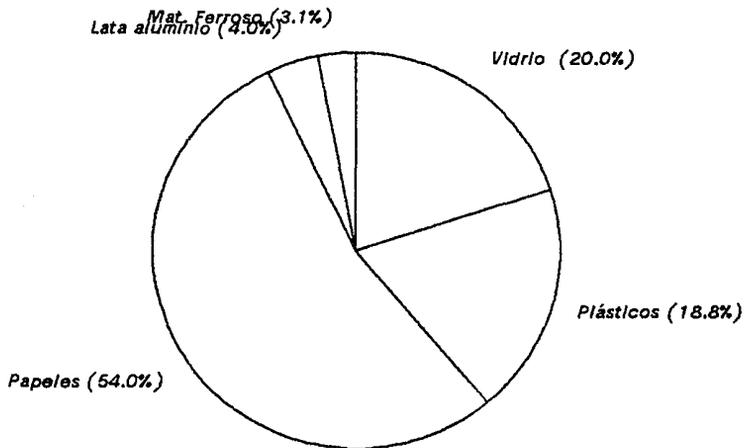
RR = Residuos reciclables ; RNR = Residuos no reciclables.

Año: 1991

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.3.1. "Composición de los residuos reciclables en la Delegación Cuauhtémoc".

### Gráfica 2.3.1.3. Composición de RSR

Del. Cuauhtémoc



RSR = Residuos sólidos reciclables.

Año: 1991

Gráfica elaborada con los datos de la Tabla 2.3.1. "Composición de los residuos reciclables en la Delegación Cuauhtémoc".

### 2.3.2) Recolección y separación:

El personal asignado para la recolección de los residuos es de 1718 empleados. Aparte de estos se emplean 90 en estaciones de transferencia (2), 468 en barrido, 57 en las barredoras. Por lo que el total de empleados es de 2,333; de los cuales 2,114 son operativos y 219 administrativos.

Los vehículos empleados para la recolección son:

- Pick ups	27
- Camiones de redilas	2
- Volteos	26
- Camiones tipo tubular	75
- Camiones tipo carga lateral	27
- Camiones tipo carga frontal	14
- Camiones tipo carga trasera	60

En estaciones de transferencia se utilizan:

- Tractocamiones	11
- Cajas compactadoras	15

La recolección de los residuos se efectúa diariamente de 6:00 a 14:00 horas siguiendo 98 rutas de recolección establecidas.

La mayoría de los residuos de la Delegación Cuauhtémoc son transportados a la estación de transferencia de la propia Delegación (94.4%) y una pequeña parte a la estación de transferencia de Central de Abasto (6.6%).

La separación que se presenta actualmente es muy incipiente y se da a través de los operadores de los camiones, quienes separan principalmente cartón y latas. Se presenta también la pepena en la disposición final de los residuos (rellenos sanitarios).

### 2.3.3) Disposición final:

Del total transferido a la estación de transferencia Cuauhtémoc, el 17% es transportado al relleno sanitario de Bordo Poniente y el 83% al de Santa Catarina, y del total transferido a la estación de transferencia de Central de Abasto, 90% al de Bordo Poniente y 10% a Santa Catarina.

Se presenta también la compra-venta de algunos materiales post-consumo tales como cartón, aluminio, vidrio, papel, material ferroso, etc. Gran parte de estos materiales proviene de la pepena, por lo cual carecen de altos niveles de calidad debido a la contaminación que tienen por no haber sido separados después de su utilización y durante su recolección.

Existen depósitos donde se comercializan materiales post-consumo que provienen principalmente de fábricas o comercios. Estos materiales tienen la ventaja de tener menores grados de contaminación que los obtenidos por pepena, sin embargo su

compra-venta se realiza a través de volúmenes pequeños, por lo cual no se reduce significativamente la cantidad de residuos sólidos que van a dar a los rellenos sanitarios.

#### 2.4) Alternativas de separación y recolección de los R.S.

Para reciclar materiales postconsumo, deben tomarse muchas decisiones para llevar a cabo este propósito. Las primeras decisiones que hay que tomar son las concernientes a como separar los materiales reciclables del resto de los residuos, y una vez separados, como recolectarlos para su procesamiento y venta. Estas decisiones son muy importantes y se debe de tomar en cuenta que el reciclaje de materiales "post-consumo" es un proceso de remanufactura que depende de miles de participantes que son la fuente de la materia prima para este proceso. Si las materias primas obtenidas de esta forma no tienen una calidad aceptable, el proceso de remanufactura será muy difícil, y en el mejor de los casos muy caro si no es que imposible.

A continuación se describen distintas alternativas que ya han sido utilizadas en otras partes del mundo. Dichas alternativas servirán como base para la elaboración de la propuesta de separación y recolección de los residuos de esta Tesis.

##### 2.4.1) Separación:

La separación de los materiales reciclables del resto de los residuos es una operación necesaria en el proceso de reciclaje. La decisión más importante en este aspecto consiste en definir como intervendrán en la separación los distintos grupos participantes en el programa (generador-recolector-procesador). Para ilustrar esta problemática se puede decir por ejemplo, que si el generador no hiciera ninguna separación de los residuos, esta tendría que hacerla el recolector o el procesador, teniendo costos de operación muy altos. En el caso contrario, si el generador realiza una separación muy detallada, el recolector tendrá que realizar una mayor inversión para modificar así el sistema de recolección anterior al reciclaje.

A continuación se describen las opciones existentes para la separación por parte del generador.

##### 2.4.1.1) No separación en la fuente:

En esta opción el generador y el recolector no realizan ninguna tarea de separación, lo cual implica que no se realicen inversiones en vehículos de recolección para el establecimiento del programa. La participación por los generadores de los residuos en un sistema así se considera del 100%. Sin embargo, se presentan altas dificultades para el procesador, pues este deberá realizar toda la separación necesaria de los componentes

reutilizables de los residuos y después adecuarlos a las necesidades del mercado.

Una amplia gama de materiales podría ser recolectada por un sistema de "No separación", sin embargo estos materiales contarían con un alto grado de contaminación, por lo que se deberían utilizar procesos sofisticados y costosos para la limpieza de los materiales reciclables. Hay que tener en cuenta también que el total de los residuos (reciclables y no reciclables) del área donde se aplica este sistema serán recolectados y procesados, lo que implica una inversión muy alta para el procesador.

Un entorno particularmente propicio para este tipo de sistema de "No separación" podrían ser las grandes zonas comerciales, pues los residuos provenientes de estos lugares son por lo general más homogéneos y menos contaminados que los provenientes de casas habitación. Estos residuos provenientes de zonas comerciales consisten principalmente en cartón y otros materiales de embalaje.

#### 2.4.1.2) Separación sencilla en la fuente:

En un sistema de separación sencilla en la fuente, el generador sólo divide sus residuos en dos grupos. Que podrían ser, por ejemplo, "reciclables" y "no reciclables".

Se ha desarrollado en Europa un forma de separación sencilla en la fuente que consiste en una separación por parte del generador en residuos "húmedos" y "secos". Los "secos", como papel, plástico y metal son separados posteriormente para obtener materiales reciclables y combustible; mientras que la fracción "húmeda" (materia orgánica) es procesada para la elaboración de composta.

En este tipo de separación se tienen altos costos de mano de obra para la separación de los reciclables, siendo particularmente difícil la separación de papel y plástico.

Una variación de este tipo de separación consiste en la colocación de los materiales considerados reciclables en una bolsa especial. Dichas bolsas son recolectadas y transportadas en la misma forma que los demás desperdicios (sin separadores en los camiones recolectores). Posteriormente en la estación de proceso las bolsas son removidas del total de residuos manualmente, son abiertas y se procesa su contenido. La ventaja principal de este sistema consiste en que se pueden conseguir altas tasas de captura sin un sistema de recolección costoso (prácticamente se recolectan los residuos de la misma forma que sin un programa de reciclaje).

Los inconvenientes de este sistema son:

- Se requieren bolsas especiales.
- La gente no siempre pone los materiales correctos en las bolsas.

#### 2.4.1.3) Separación múltiple en la fuente:

El problema principal en esta alternativa de separación es el definir en cuantos tipos serán separados los residuos.

El número de separaciones requeridas tendrá un impacto directo en las tasas de participación y de captura esperadas, ya que mientras más fácil sea participar en el programa de reciclaje, más residentes del área tomarán parte en el mismo.

El hacer muchas separaciones en casa tiene las siguientes ventajas:

- Se obtienen materiales menos contaminados a medida que el número de contenedores aumente.

- Se requiere menos mano de obra para el procesamiento de los materiales reciclables.

- Las inversiones en equipo de proceso para la separación y el reprocesado de materiales son menores.

Sin embargo, este sistema presenta también algunas desventajas. La mayoría de ellas para el generador, pues al tener más contenedores en casa, tendrá menos espacio libre y se requerirá de mayor esfuerzo de su parte, tanto para la selección de los residuos como para sacarlos para su recolección. Aparte de esto, se requiere de inversiones en cuanto a los contenedores o bolsas para las diversas separaciones, así como para el acondicionamiento o compra de vehículos con separadores para el transporte de los materiales reciclables.

#### 2.4.2) Recolección:

Junto con las decisiones concernientes a la forma en que el generador de los residuos separará estos, las referentes a la forma en que se realizará la recolección tendrán una importancia grande en la viabilidad del programa de reciclaje. Ambos tipos de decisiones (sobre la separación y la recolección) están estrechamente ligadas.

Las principales alternativas en cuanto a la recolección de los materiales reciclables son la recolección domiciliaria o la instalación de centros de acopio donde se pueden o no pagar los materiales reciclables.

2.4.2.1) Centros de acopio donde no se pagan los materiales reciclables al generador (Drop-off centers).

Este tipo de centros de acopio consiste en la colocación de contenedores en lugares públicos asignados para recibir los residuos separados. Dichos residuos son llevados a estos centros por el generador de los mismos y transportados en vehículos especiales al lugar donde se lleva a cabo el reprocesamiento.

Los lugares ideales para la localización de estos centros son las comunidades donde no existe un sistema de recolección de residuos bien establecido o se carece de este. En este tipo de comunidades los habitantes del área están acostumbrados a transportar los residuos a un lugar central (relleno sanitario o tiradero), por lo cual es muy factible el que los transporten separados para su reciclaje.

En comunidades donde ya existe un sistema de recolección este tipo de centros de acopio también puede funcionar. Pero deben ser localizados en lugares apropiados con una afluencia de público normalmente alta (p.e. cerca de centros comerciales, iglesias, escuelas, etc.), con espacio suficiente para la instalación de los recipientes para los residuos. Se debe dar especial atención a la recolección puntual de estos residuos, para evitar molestias a los vecinos del área ocasionadas por la acumulación de residuos por largos períodos de tiempo.

El principal equipo para este tipo de recolección consiste en recipientes para los distintos materiales considerados. Es importante la utilización de un recipiente extra para el desperdicio sobrante de las separaciones. De no existir este recipiente los usuarios utilizarían los demás para colocar dicho sobrante.

La ventaja principal de esta alternativa es que tiene un costo mínimo comparado con la recolección domiciliaria, sin embargo las tasas de captura son muy inferiores y este sistema se puede prestar al vandalismo ya que no existe un encargado de los residuos.

Una variante de esta alternativa es la colocación de los contenedores en las esquinas de las calles de zonas con alta densidad de población. Periódicamente (una vez a la semana, por ejemplo) los habitantes del área llevan los materiales reciclables de sus casas a las esquinas. Posteriormente un camión especial recoge los residuos localizados en las esquinas.

2.4.2.2) Centros de acopio donde si se pagan los materiales reciclables al generador (Buy-back centers).

Esta alternativa (una variante de la anterior) consiste en establecimientos a los cuales el generador de los residuos lleva la parte "reciclable" de los mismos y recibe dinero por estos de la entidad que maneja el sistema de reciclaje.

Estos centros logran una participación mayor, proporcionando un incentivo para la participación. Dicho incentivo motiva principalmente la participación de personas de bajos recursos.

En la actualidad existen en México depósitos donde se compra una serie de materiales reciclables como vidrio, papel o aluminio. Sin embargo, este tipo de negocios no cuentan con la participación de los generadores "domésticos" de residuos sino más bien de alguno o de varios de los siguientes grupos:

- De personas dedicadas a la recolección de los materiales en fábricas o comercios.
- De fábricas y comercios directamente.
- De personal del servicio de limpia que realiza una "prepepena" al recolectar los residuos domiciliarios.
- De "pepenadores" de los residuos.

Una variante de esta opción, utilizada actualmente en los EEUU, son los centros de acopio móviles. Estos centros consisten en camiones con múltiples compartimientos para el almacenamiento de los materiales reciclables.

Dichos camiones siguen una ruta preestablecida, deteniéndose en cada sitio designado para la recolección de 15 a 45 minutos, tiempo en el cual se reciben los materiales de los participantes.

Para que este tipo de centros de acopio móviles funcione se deben seguir rutas y horarios preestablecidos, de no cumplirse estos la participación en el programa decrece. Además, los lugares en que los camiones realizarían la compra de los materiales a los usuarios deben de facilitar el estacionamiento de estos camiones y deben de ser seguros pues se transportará dinero para pagar los materiales reciclables.

#### 2.4.2.3) Recolección domiciliaria:

La recolección domiciliaria de los materiales reciclables puede realizarse de dos formas básicas:

- En un sistema independiente de la recolección de los residuos no reciclables. Es decir se establece un sistema de recolección donde se recogen únicamente los materiales que se reciclan, los demás son recolectados en el sistema existente anterior al reciclaje. En este caso se requieren de grandes inversiones en equipo de recolección.

- En un sistema que realice al mismo tiempo la recolección de la parte no reciclable de los residuos sólidos y la de la parte reciclable. Un sistema de este tipo consistiría en variaciones al sistema de recolección que actualmente se emplea en la ciudad. Dichas variaciones pueden ser entre otras:

- Separaciones requeridas en el interior de los camiones para el transporte de los residuos, con compactación o sin ella.

- Dos vehículos, uno para los "reciclables" y otro para el resto de los residuos.

- La utilización de un remolque en el camión recolector de los residuos para el transporte de una parte separada de los residuos.

Es importante establecer desde del inicio del programa las rutas y la frecuencia con la cual se realizará la recolección. Si el tiempo entre cada recolección es muy grande, la participación puede ser baja debido a que puede ser incómodo el almacenar grandes cantidades de residuos por un período prolongado. Las decisiones referentes a la frecuencia se deben hacer teniendo en cuenta las características de los residuos generados en el área.

Con la recolección domiciliaria se logra la mayor participación de todas las alternativas.

## 2.5) Propuesta de manejo de R.S. en el área seleccionada.

Para la elaboración de una propuesta para el Sistema de Manejo de Residuos Sólidos en la Delegación Cuauhtemoc es necesario identificar las deficiencias existentes en el manejo actual de los residuos.

Tambien es importante definir los diferentes tipos de organización posibles que podrían llevar a la práctica la propuesta de manejo de residuos sólidos.

A continuación se describen tanto las deficiencias del manejo actual de los residuos como las posibles estructuras organizacionales, para posteriormente desarrollar una propuesta concreta para el manejo de los residuos sólidos.

### 2.5.1) Análisis de las deficiencias en el manejo actual de los residuos.

El sistema de manejo de residuos sólidos existente en la Delegación Cuauhtemoc no está diseñado para la recuperación de materiales reciclables contenidos en los residuos. Sin embargo dicha recuperación existe y se lleva a cabo mediante prácticas informales que interfieren en el correcto funcionamiento del sistema de limpia.

A continuación se describen las principales prácticas actuales que interfieren con el correcto manejo de los residuos y sus consecuencias:

Práctica actual: "Prepepena" en los camiones recolectores de R.S.

Esta prepepena se lleva a cabo entre los operarios de los camiones recolectores y personas ajenas al DDF. Se realiza en el momento de recibir los residuos de los generadores. Debido a que los camiones no están diseñados para esta tarea de separación, los residuos separados son "colgados" a los lados del camión recolector o colocados encima de la caja del mismo.

#### Consecuencias:

Excesos en el tiempo necesario para la recolección de los residuos sólidos. Manejo poco higiénico de los residuos. Incorrecta utilización de los camiones de recolección y del tiempo de los operarios pagados por el DDF.

Práctica actual: Recorridos extras para la venta de los residuos "prepepenados".

Después de la recolección de los residuos y antes de ir a la

estación de transferencia los camiones recolectores pasan a depósitos para la venta de los residuos "pepenados".

#### Consecuencias:

Utilización indebida del tiempo de los operarios de los camiones recolectores, de los camiones en sí y del combustible y otros gastos relacionados con el transporte de los residuos a la Estación de Transferencia.

#### Práctica actual: "Pepena" en rellenos sanitarios.

Una vez que los residuos llegan al relleno sanitario procedentes de la estación de transferencia los "pepenadores" remueven los materiales que pueden ser recuperados.

#### Consecuencia:

Condiciones no adecuadas de trabajo de los pepenadores. Recuperación de materiales contaminados por su manejo indebido.

En resumen estas prácticas impiden la correcta utilización de los recursos que destina el DDF para el manejo de los residuos sólidos y por otro lado sólo permiten la recuperación de materiales de baja calidad. Además, los ingresos que se obtienen al vender los materiales recuperados terminan en manos totalmente ajenas al DDF, mientras que gran parte de los recursos necesarios para obtenerlos provienen de este.

El sistema que se propondrá deberá eliminar las deficiencias citadas anteriormente propiciando una recuperación efectiva de materiales reciclables y una correcta utilización de los recursos destinados al manejo de los residuos.

#### 2.5.2) Partes involucradas y estructura organizacional del Sistema de Manejo de Residuos Sólidos.

Antes de definir el SMRS en sus aspectos operativos, debe establecerse quienes llevarían a cabo un proyecto de este tipo de tal forma que existan mayores posibilidades para que se realice y sea factible. Entre las distintas entidades que podrían llevar a cabo un nuevo SMRS y las estructuras organizacionales posibles están:

- El DDF, mediante la modificación del sistema actual de recolección y disposición final, y la puesta en marcha de una planta recuperadora de materiales.

- Concesión del DDF a los trabajadores del servicio de limpia del DDF y a los pepenadores para el manejo de los residuos sólidos y la recuperación de de los materiales reciclables. Esto se realizaría mediante el financiamiento de una planta recuperadora de materiales por parte del DDF, dicha planta sería pagada por los trabajadores y pepenadores con los ingresos

provenientes de la venta de los materiales reciclables.

- Concesión del DDF a un particular para el manejo de los residuos sólidos. Este particular se haría cargo de la recolección, recuperación de materiales y disposición final de los residuos sólidos.

- Concesión del DDF a un particular únicamente para la recuperación de materiales reciclables. El DDF se encargaría de la recolección y disposición final de la parte no reciclable de los residuos sólidos, mientras el particular lo haría con la parte reciclable.

En la presente tesis se desarrollará un SMRS donde un particular tenga la concesión por parte del DDF para el manejo de la parte reciclable de los residuos sólidos. Este tipo de organización permitiría que el DDF se hiciera más eficiente en el manejo de los residuos no reciclables en la Delegación Cuauhtémoc, mientras que el particular se especializaría en obtener materiales recuperados de buena calidad.

### 2.5.3) Manejo de la parte reciclable por un particular.

Las tareas de la compañía que se encargue del manejo de la parte reciclable serían:

- Propiciar la participación de los generadores de los residuos en la Delegación Cuauhtémoc para que separen la parte reciclable de estos residuos y se la entreguen.

- Efectuar la recolección de los materiales reciclables de los generadores de la zona.

- Transportar dichos materiales a una planta recuperadora de materiales (PRM), esta planta sería propiedad de esta compañía.

- Operar la PRM y comercializar los materiales recuperados.

A continuación se describen las tareas mencionadas.

#### 2.5.3.1) Separación:

Para propiciar la participación de los habitantes de la Delegación Cuauhtémoc en el programa de reciclaje, se haría una campaña publicitaria informando acerca de las ventajas ambientales que representa el reciclaje, la forma en que podrían participar y una descripción del SMRS. En dicha campaña participaría el DDF ya que el éxito de este programa sería benéfico para la Delegación.

Para motivar la participación se propone la realización de una rifa periódica de un premio en efectivo entre los

participantes, es decir, entre aquella gente que separe sus residuos y los entregue a la compañía que se encargue de la recuperación de los materiales. El monto de la rifa y la frecuencia con que se llevaría a cabo se determinará en la sección de "Análisis económico" de esta tesis.

A continuación se explica la forma en que se realizaría la separación de los residuos reciclables por parte de los participantes:

- Separación de los residuos domiciliarios:

La parte reciclable deberá ser colocada en bolsas especiales en las que se depositarán los siguientes residuos (todos estos utilizados para envasar bebidas y alimentos) :

- Latas de aluminio.
- Latas de hojalata.
- Envases de plástico.
- Botellas y frascos de vidrio.

Los siguientes residuos no serán incluidos en la bolsa de plástico pero serán recolectados junto con esta, en paquetes independientes según el tipo de material:

- Cartón.
- Papel periódico.
- Papel bond y otros papeles de escritura.

- Separación de los residuos de comercios y de servicios:

Para este tipo de generadores se propone el mismo tipo de separación, sin embargo para este tipo de generadores se hará más énfasis en el papel y el cartón por ser grupos muy significativos en este tipo de generador.

- Separación de los residuos de áreas públicas:

En este caso se propone la colocación de contenedores, uno para los residuos reciclables y otro para los residuos no reciclables. Dichos contenedores estarán localizados en lugares como: parques, plazas, calles, estaciones de metro, etc.

2.5.3.2) Recolección:

La recolección de los materiales reciclables sería independiente de la que llevaría a cabo el DDF para los residuos no incluidos en el programa de reciclaje.

La recolección de los residuos reciclables la realizaría la compañía encargada del reciclaje de la siguiente forma: se dividiría la Delegación en siete zonas, la recolección sería de lunes a domingo, atendándose una zona por día.

Se utilizarán camiones con caja cerrada, sin compactación, para la recolección de los materiales reciclables. El operario del camión recibirá las bolsas con los materiales reciclables y el papel y el cartón de los participantes y les entregará un boleto para la rifa mencionada anteriormente. Al mismo tiempo supervisará de manera general el contenido de la bolsa. Estos boletos también servirían para verificar que la cantidad de bolsas entregadas al operario del camión son las que entrarían a la PRM, pues a cada bolsa corresponde un boleto entregado.

### 2.5.3.3) Recuperación de materiales:

Una vez realizada la recolección de los residuos reciclables, estos serán tratados en una planta recuperadora de materiales. El objetivo de esta planta es el de adecuar los residuos reciclables a las necesidades del mercado. Este objetivo se llevará a cabo mediante la macro y micro separación de los materiales a reciclar.

La macro separación consiste en separar los residuos por grupos, como por ejemplo: papel, plástico, vidrio, etc. Esta parte se puede llevar a cabo manualmente. La micro separación consiste en dividir por ejemplo a los plásticos en: PEBD, PEAD, PET, PVC, etc. o el vidrio en: vidrio transparente y vidrio de color (ámbar y verde). Esta separación se puede llevar a cabo utilizando equipos de proceso como: separadores por densidad, separadores magnéticos, clasificadores por aire, etc. Además de estas etapas de separación, vendrán etapas posteriores para la adecuación de los materiales ya separados a las necesidades del mercado y de transportación, como podría ser el vender el vidrio por color y triturado o las latas de aluminio compactadas, etc. Las características de presentación de los materiales reciclables se obtendrán a partir del estudio de mercado.

En los EEUU se han aplicado diversos programas de reciclaje similares al anteriormente expuesto. La recuperación de los distintos materiales reciclables en estos programas ha sido<sup>1</sup> :

Material	% del material recuperado en función del total de dicho material en los R.S.
Latas de hojalata	40
Latas de aluminio	75
Frascos y botellas de vidrio	33
Envases de plástico	40
Periódico	35
Cartón	52
Otros papeles	13

1) Según el libro "The Mc. Graw-Hill Recycling Handbook".Mc. Graw-Hill 1993.

Para calcular el porcentaje de recuperación por tipo de material que se presentaría en México sería necesario aplicar un programa piloto. Como la aplicación de un programa de este tipo queda fuera de los alcances de esta tesis, se tomarán como tasas de recuperación la mitad de los porcentajes de la tabla anterior, debido que en México no se ha aplicado un programa de este tipo. Dichas tasas de participación quedarían de la siguiente forma:

Material	% del material recuperado en función del total de dicho material en los R.S.
Latas de hojalata	20
Latas de aluminio	37.5
Frascos y botellas de vidrio	16.5
Envases de plástico	20
Periódico	17.5
Cartón	26
Otros papeles	6.5

Posteriormente, en la evaluación del proyecto desarrollado en esta tesis se presenta un análisis de sensibilidad, donde se estudia el comportamiento de el SMRS si la participación de los generadores de residuos es menor a la señalada anteriormente.

2.5.4) Manejo de los residuos no incluidos en el programa de reciclaje por parte del DDF.

El DDF se encargará de manejar los residuos que no estén incluidos en el programa de reciclaje y aquellos provenientes de personas que no quieran participar en el programa. Lo haría de la forma en que actualmente lo hace, es decir, por medio de la recolección con los camiones del servicio de limpia, llevando los residuos a la estación de transferencia y de ahí al relleno sanitario en tractocamiones para su disposición final.

En la medida en que el programa de reciclaje tenga mayor éxito, el DDF se beneficiará de las siguientes formas:

- Se reducirá el volumen de residuos sólidos que tendrá que manejar. Esto representaría un mejor aprovechamiento del equipo existente, reducciones en los costos de recolección y la utilización por más tiempo de los rellenos sanitarios.

- Al transportar cada vez menos materiales recuperables en su servicio de limpia, se volverían menos atractivas las actividades de pepena en los camiones y en el relleno sanitario. Haciendose más eficiente el manejo de residuos sólidos del DDF.

2.5.5) Responsabilidades de las partes involucradas en el manejo de los Residuos Sólidos.

La compañía particular encargada de el manejo de la parte reciclable de los R.S. tendría las siguientes responsabilidades:

- Recolectar los residuos reciclables solicitados a los generadores de los mismos en forma puntual y eficiente.

- Cumplir las promociones y rifas que se hicieran a los generadores de los residuos para motivar la separación de los R.S.

- Tratar los residuos recolectados en una planta recuperadora de materiales (PRM), propiedad de la misma compañía, evitando al máximo la cantidad de desperdicios generados por esta planta.

- Comercializar los materiales recuperados por este programa de reciclaje, cumpliendo con las especificaciones sugeridas en el estudio de mercado de esta tesis (los ingresos obtenidos por la comercialización de los materiales recuperados serán propiedad de la compañía particular).

Por su parte el DDF debería cumplir con las siguientes responsabilidades:

- No permitir que otra compañía privada realice programas de reciclaje en la Delegación Cuauhtémoc.

- Sancionar al personal de limpia del DDF que obstruya la recolección de residuos reciclables por la compañía particular.

- Participar en la publicidad requerida para la divulgación del programa de reciclaje entre los habitantes de la Delegación Cuauhtémoc.

- Supervisar de manera general el manejo de los residuos sólidos incluidos en el programa de reciclaje y el tratamiento de estos por parte de la compañía particular.

### 3) Evaluación del proyecto.

#### 3.1) Estudio de mercado:

En esta sección se analizarán los diferentes aspectos que intervienen en el mercado de cada uno de los materiales reciclables. Estos aspectos son: oferta, demanda, producto y precio. Debido a que los materiales reciclables se pueden utilizar en una gran cantidad de industrias, ya sea como materia prima principal o como complemento de materiales vírgenes, es de mayor importancia el conocimiento de la demanda de los materiales recuperados, los precios a los que serían comprados y las presentaciones requeridas de dichos materiales.

Cabe mencionar que en el caso de los precios de los materiales recuperados estos están estrechamente ligados con los de sus equivalentes vírgenes, es decir, si el precio de las materias vírgenes disminuye el de los recuperados deberá comportarse de manera semejante para mantenerse competitivo. Sin embargo los costos de ambos materiales están influenciados por diferentes factores: mientras en el caso de las materias vírgenes los costos de los insumos condicionan el costo total, en el de los materiales recuperados los métodos empleados para su recolección y separación son más importantes. Por lo que de existir reducciones muy drásticas en los costos de los insumos para producir materiales vírgenes, se reducirían los márgenes de utilidad de los materiales recuperados.

Una forma de reducir el impacto que en los precios de los materiales reciclados causan los precios de los materiales vírgenes es la existencia de leyes que obliguen a ciertas industrias a utilizar un porcentaje mínimo de materiales recuperados en la elaboración de sus productos. Esto sucede actualmente en algunos países de Europa y en algunas partes de los EEUU.

Debido a que la compra-venta de materiales recuperados en México es una actividad normalmente informal, no fue posible obtener información documental de los mercados de todos los materiales reciclables incluidos en el programa propuesto; sin embargo se realizó una investigación de campo para obtener parte de dicha información.

##### 3.1.1) Estudio de mercado para latas de aluminio recuperadas:

Debido a que la recolección de aluminio es una práctica existente en México, el aluminio recuperado compite así con el aluminio virgen o primario. Durante el desarrollo de este análisis se tomarán en cuenta ambos grupos para observar las tendencias en esta industria.

##### 3.1.1.1) Oferta:

Para el análisis de la oferta se toman en cuenta parámetros como: producción, importaciones y exportaciones, esto en el caso

del aluminio primario. En el caso del aluminio secundario (recuperado) se tomarán en cuenta: captura, exportaciones e importaciones de chatarra. Dicha información se presenta en la tabla 3.1.1.1.

### 3.1.1.2) Demanda:

El aluminio se utiliza en una gran cantidad de aplicaciones, principalmente en las industrias del empaque, transporte, construcción y en los sectores eléctricos y en los bienes de consumo durables. El aluminio recuperado al ser fundido nuevamente es utilizado para elaborar nuevos productos, lograndose ahorros de energía de hasta el 95% con respecto a la energía necesaria para elaborar dichos productos a partir de la bauxita.

Los principales consumidores de aluminio secundario (recuperado) son plantas que elaboran lingotes o productos terminados de aluminio. Debido a que el aluminio recuperado se puede utilizar junto con el aluminio primario el número de consumidores potenciales sería igual al número de empresas dedicadas a la fundición y elaboración de productos de aluminio.

En la tabla 3.1.1.2 se presenta el consumo aparente tanto del aluminio primario como del secundario.

### 3.1.1.3) Producto:

En México no existen especificaciones técnicas para el aluminio recuperado. Por lo que se propone que las latas de aluminio recuperadas por el Sistema de Manejo de Residuos Sólidos cumplan con las siguientes especificaciones<sup>1</sup>:

Las latas de aluminio deberán ser compactadas para formar pacas de las siguientes características:

- Debe ser suficientemente compactada para facilitar su movimiento con montacargas. El tamaño recomendado de la paca será de 1 x 1.2 x 1.5 [m]
- Flejes: de cuatro a seis bandas de aluminio de 5/8" x 0.02" o de seis a quince alambres de aluminio de calibre 13.

Humedad no mayor al 1%

El aluminio recuperado no debe almacenarse en exteriores.

### 3.1.1.4) Precios:

El precio de venta de las latas de aluminio recuperadas está entre N\$ 2,500.00 y N\$ 3,000.00 por tonelada en México (enero 1994). El precio del aluminio primario es aproximadamente N\$ 4,224.00 por Tonelada.

<sup>1</sup>) Estas especificaciones son las propuestas por el "Institute of Scrap Recycling Industries" (Ver referencias).

Tabla 3.1.1.1 Producción, exportación e importación de Aluminio primario [TON].

<u>AÑO</u>	<u>PRODUCCION</u>	<u>EXPORTACIONES</u>	<u>IMPORTACIONES</u>
1983	39,706.00	550.00	10,661.00
1984	43,988.00	521.00	26,047.00
1985	42,743.00	227.00	35,730.00
1986	37,016.00	2,672.00	16,073.00
1987	60,200.00	3,058.00	8,922.00
1988	68,337.00	13,277.00	9,174.00
1989	71,691.00	867.00	11,836.00
1990	67,515.00	1,499.00	23,565.00
1991	50,287.00	179.00	44,250.00
1992	24,806.00	542.00	57,306.00

Tabla 3.1.1.1 (Continuación) Recuperación, exportación e importación de Aluminio secundario [TON].

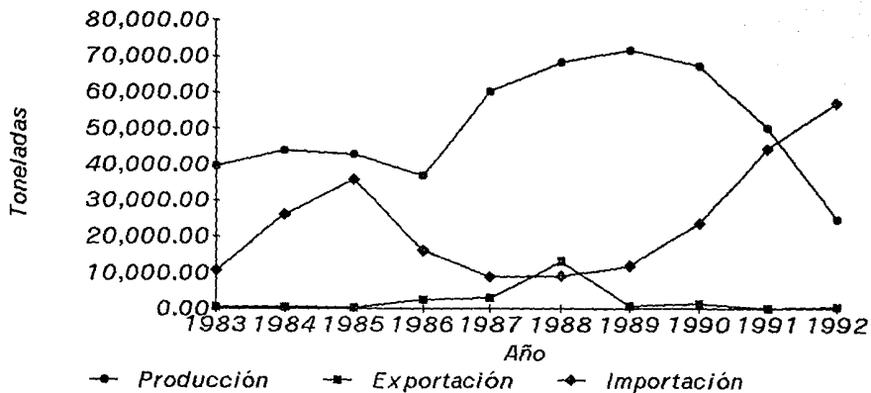
<u>AÑO</u>	<u>RECUPERACION</u>	<u>EXPORTACIONES</u>	<u>IMPORTACIONES</u>
1983	15,122.00	323.00	6,256.00
1984	19,556.00	1,421.00	19,151.00
1985	27,556.00	4,803.00	42,999.00
1986	16,432.00	5,314.00	19,130.00
1987	8,765.00	6,727.00	10,982.00
1988	4,474.00	2,823.00	12,497.00
1989	13,172.00	7,734.00	4,730.00
1990	56,804.00	14,581.00	5,678.00
1991	63,823.00	6,985.00	6,649.00
1992	83,619.00	34,907.00	11,922.00

Tabla 3.1.1.2 Consumo aparente de aluminio primario y secundario [TON].

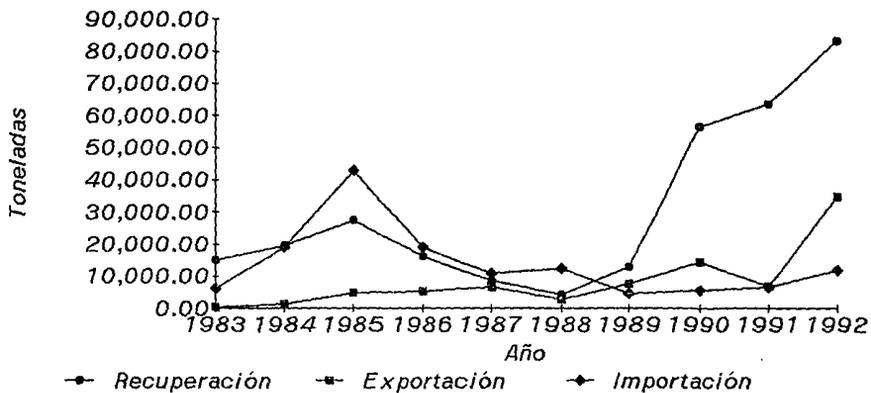
<u>AÑO</u>	<u>ALUMINIO RECUPERADO</u>	<u>ALUMINIO PRIMARIO</u>
1983	21,055.00	49,817.00
1984	37,286.00	69,514.00
1985	65,752.00	78,246.00
1986	30,248.00	50,417.00
1987	13,020.00	66,064.00
1988	14,148.00	64,234.00
1989	10,168.00	82,660.00
1990	47,901.00	89,581.00
1991	63,487.00	94,358.00
1992	60,634.00	81,570.00

Fuente: "Anuario 1992" , Instituto Mexicano del Aluminio. 1993  
(Ver referencias).

**GRAFICA 3.1.1.1 Aluminio primario.**  
Producción-Exportación-Importación.



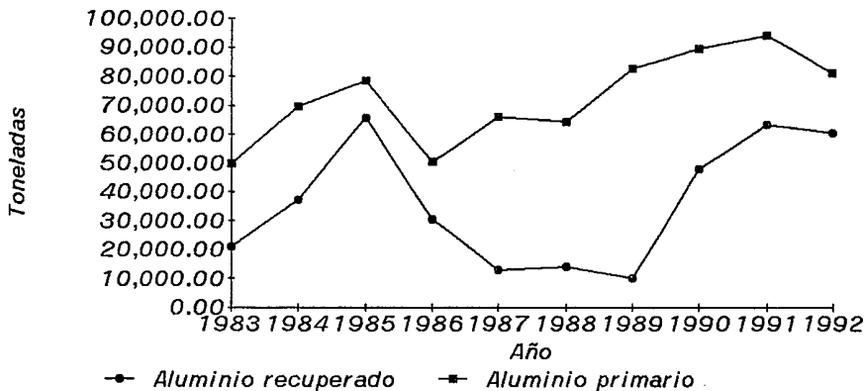
**GRAFICA 3.1.1.2 Aluminio recuperado**  
Recuperación-Exportación-Importación



Gráficas elaboradas con información de la tabla 3.1.1.1 "Producción, exportación e importación de Aluminio primario" y "Recuperación, exportación e importación de Aluminio secundario".

### GRAFICA 3.1.1.3 CONSUMO APARENTE

Aluminio recuperado y primario.



Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.1.2 "Consumo aparente de aluminio primario y secundario".

3.1.1.5) Conclusiones del estudio de mercado para latas de aluminio recuperadas:

Se cree que la demanda y el precio de aluminio recuperado se incrementarán en los próximos años en nuestro país debido a los siguientes factores respectivamente:

- El cierre de operaciones de la única planta productora de aluminio primario en nuestro país en 1993.

- El acuerdo existente entre los principales productores de aluminio primario en el mundo para elevar los precios del mismo.

Por estas razones se considera que el aluminio recuperado (secundario) será un material importante para la rentabilidad del proyecto, pues incluso actualmente el precio pagado por tonelada de este material es el más alto de los materiales actualmente recuperados.

### 3.1.2) Estudio de mercado para periódico, cartón y otros papeles recuperados:

El cartón, el periódico y el papel recuperados son principalmente utilizados para la reelaboración de los mismos y de otros papeles de diferente calidad. Por ejemplo el cartón es utilizado para la elaboración de más cartón en combinación con otras materias primas. El cartón, el periódico y el papel que son utilizados para la producción de nuevos productos de papel reciben el nombre genérico de "fibra secundaria" en la industria del papel.

Actualmente existe una cadena establecida para la recolección y distribución de estos materiales, que aunque informal funciona de la siguiente manera: la recolección la llevan a cabo pepenadores o el personal de los camiones de limpieza pública, los cuales venden los papeles a "bodegueros", quienes se encargan de compactar y flejar los materiales para venderlos a las industrias que los reutilizan.

#### 3.1.2.1) Oferta:

En la tabla 3.1.2.1 se presenta la capacidad instalada de la industria del papel de 1982 a 1991, la producción y las exportaciones e importaciones en el mismo periodo. Como se puede apreciar en este cuadro, el consumo de papel en México ha mantenido un crecimiento constante en los últimos años, lo cual ha propiciado la recuperación masiva de estos materiales.

#### 3.1.2.2) Demanda:

La demanda de estos materiales esta directamente ligada a la de los productos que se elaborarán con ellos. Existen estadísticas que muestran de manera directa la demanda existente de la fibra secundaria. En la tabla 3.1.2.2.1 se muestra el consumo aparente de estos materiales (para diferentes tipos de papeles), así como un estimado de la posibilidad de recolección de fibra secundaria y su consumo esperado. De dicha información se puede observar que existe una demanda insatisfecha de estos materiales recuperados en nuestro país (ver tabla 3.1.2.2.2).

#### 3.1.2.3) Productos:

En general para la comercialización del cartón, del periódico y del papel se deben eliminar en la medida de lo posible los siguientes contaminantes:

- Restos de comida y material orgánico en general.
- Plásticos o espumas de plástico.
- Tierra.
- Madera.

- Metal.
- Cualquier tipo de cinta adhesiva. (A excepción de cinta de papel kraft con adhesivos solubles en agua en el caso del cartón recuperado).
- Humedad.

Existe en la práctica una clasificación para los distintos tipos de papeles. A continuación se presentan estas categorías y los niveles permisibles de materiales contaminantes y papeles de otro tipo dentro de dichas categorías (según "Guidelines for paper stock". "Paper Stock Report" y "Institute of Scrap Recycling Industries Inc".)<sup>1</sup>:

- Primera blanca: Conformado por papel bond libre de impresión, de pegamentos, pastas. Proveniente principalmente de imprentas. No contendrá materiales contaminantes, ni más del 2% de papeles de otro tipo.

- Papel de computadora: Papel elaborado o no en formas continuas, pueden o no tener impresión. En caso de tener impresión esta puede ser de tinta o de técnica láser. No contendrá materiales contaminantes, ni más del 2% de papeles de otro tipo.

- Bond de color: Libre de impresión. Papel de color. No contendrá más del 1% de materiales contaminantes, ni más del 2% de papeles de otro tipo.

- Archivo blanco: Papel bond blanco con impresión. No contendrá más del 1% de materiales contaminantes, ni más del 2% de papeles de otro tipo.

- Archivo color: Papel Bond de colores con impresión. No contendrá más del 1% de materiales contaminantes, ni más del 2% de papeles de otro tipo.

- Couché color: Papel de revista con tinta recubierta. No contendrá materiales contaminantes, ni más del 1% de papeles de otro tipo.

- Sección revistas: Papel de historietas o directorios telefónicos. No contendrá más del 1% de materiales contaminantes, ni más del 2 de papeles de otro tipo.

- Cartón. No contendrá más del 1% de materiales contaminantes, ni más del 5% de papeles de otro tipo.

- Periódico. No contendrá más del 1% de materiales contaminantes, ni más del 2% de papeles de otro tipo.

- Revoltura: Consiste en una mezcla de papeles de diferentes calidades. No contendrá más del 2% de materiales contaminantes,

1) Ver referencias al final de esta tesis acerca de estas instituciones.

Tabla 3.1.2.1. Industria del papel.

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
<b>PERIODICO Y LIBRO DE TEXTO</b>										
Capacidad Instalada	241,000.00	316,000.00	305,000.00	394,000.00	430,000.00	420,000.00	420,000.00	420,000.00	430,000.00	430,000.00
Producción	166,937.00	197,194.00	263,981.00	326,655.00	366,716.00	351,230.00	361,204.00	393,260.00	397,989.00	388,697.00
Importación	148,195.00	66,937.00	30,842.00	37,522.00	25,692.00	14,447.00	36,196.00	27,659.00	69,755.00	60,938.00
Exportación					1,343.00	87,633.00	37,106.00	8,046.00		6,303.00
Consumo aparente	315,132.00	264,131.00	294,823.00	364,177.00	391,065.00	278,044.00	360,294.00	412,873.00	467,744.00	443,332.00
<b>PAPELES Y CARTULINAS BLANCOS ESC. E IMP.</b>										
Capacidad Instalada	616,000.00	595,000.00	588,000.00	589,000.00	559,000.00	606,000.00	605,000.00	601,000.00	628,000.00	656,000.00
Producción	410,486.00	406,525.00	444,430.00	456,271.00	452,314.00	467,289.00	465,634.00	479,482.00	527,182.00	503,199.00
Importación	27,390.00	9,461.00	7,965.00	13,037.00	7,798.00	7,817.00	14,231.00	35,061.00	49,303.00	118,350.00
Exportación		23,238.00	35,563.00	9,775.00	55,943.00	47,939.00	78,845.00	46,415.00	36,712.00	24,691.00
Consumo aparente	437,876.00	392,748.00	416,832.00	459,533.00	404,169.00	427,167.00	401,020.00	468,128.00	539,773.00	596,858.00
<b>EMPAQUE</b>										
Capacidad Instalada	1,548,000.00	1,645,000.00	1,695,000.00	1,793,000.00	1,787,000.00	1,810,000.00	1,845,000.00	1,895,000.00	2,040,000.00	2,210,000.00
Producción	1,106,330.00	1,153,153.00	1,198,159.00	1,294,994.00	1,283,577.00	1,367,942.00	1,359,412.00	1,463,008.00	1,523,014.00	1,581,196.00
Importación	72,997.00	59,109.00	24,313.00	28,332.00	21,156.00	26,398.00	58,021.00	59,295.00	102,256.00	151,275.00
Exportación		3,599.00	311.00	9,274.00	31,321.00	32,640.00	56,723.00	63,303.00	68,679.00	62,006.00
Consumo aparente	1,179,327.00	1,208,663.00	1,222,161.00	1,314,052.00	1,273,414.00	1,361,700.00	1,360,710.00	1,459,000.00	1,556,591.00	1,670,465.00
<b>SANITARIO Y FACIAL</b>										
Capacidad Instalada	314,000.00	320,000.00	415,000.00	439,000.00	441,000.00	431,000.00	433,000.00	434,000.00	459,000.00	467,000.00
Producción	247,921.00	245,677.00	272,678.00	306,828.00	317,134.00	339,412.00	359,525.00	351,677.00	385,032.00	387,958.00
Importación	1,001.00	3.00	143.00	1,062.00	562.00	927.00	4,633.00	5,369.00	4,416.00	9,050.00
Exportación		1,660.00	10,153.00	18,616.00	46,678.00	74,375.00	79,262.00	83,093.00	61,568.00	26,205.00
Consumo aparente	248,922.00	244,020.00	262,668.00	289,274.00	271,018.00	265,964.00	284,896.00	273,953.00	327,880.00	370,803.00
<b>ESPECIALES</b>										
Capacidad Instalada	85,000.00	91,000.00	95,000.00	98,000.00	99,000.00	70,000.00	72,000.00	72,000.00	54,000.00	52,000.00
Producción	54,799.00	59,242.00	60,431.00	63,017.00	50,488.00	48,751.00	47,776.00	49,351.00	37,705.00	34,852.00
Importación	31,807.00	10,165.00	14,696.00	25,814.00	15,473.00	16,743.00	30,105.00	46,925.00	53,129.00	124,464.00
Exportación		757.00	2,824.00	782.00	460.00	521.00	620.00	13.00	798.00	1,131.00
Consumo aparente	86,606.00	68,650.00	72,303.00	88,049.00	65,501.00	64,973.00	77,261.00	96,263.00	90,036.00	158,185.00
<b>TOTAL</b>										
Capacidad Instalada	2,804,000.00	2,967,000.00	3,098,000.00	3,313,000.00	3,316,000.00	3,337,000.00	3,375,000.00	3,422,000.00	3,611,000.00	3,815,000.00
Producción	1,986,473.00	2,061,791.00	2,239,679.00	2,447,765.00	2,470,229.00	2,574,624.00	2,593,551.00	2,736,778.00	2,870,922.00	2,895,902.00
Importación	281,390.00	145,675.00	77,959.00	105,767.00	70,683.00	66,332.00	143,166.00	174,309.00	278,859.00	464,077.00
Exportación	0.00	29,254.00	48,851.00	38,447.00	135,745.00	243,108.00	252,556.00	200,870.00	167,757.00	120,336.00
Consumo aparente	2,267,863.00	2,178,212.00	2,268,787.00	2,515,085.00	2,405,167.00	2,397,848.00	2,484,181.00	2,710,217.00	2,982,024.00	3,239,643.00

Tabla 3.1.2.2.1 Consumo aparente de fibra secundaria [Tons]

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Del color natural de la pasta.	807,393.00	860,890.00	912,580.00	990,872.00	984,546.00	1,070,717.00	1,087,937.00	1,174,012.00	1,272,101.00	1,302,648.00
Periódico impreso.	149,144.00	183,707.00	208,969.00	218,967.00	232,773.00	221,349.00	239,743.00	260,616.00	273,541.00	319,927.00
Tarjeta tabular.	40,758.00	32,690.00	37,733.00	42,815.00	59,578.00	71,473.00	120,719.00	95,905.00	102,037.00	3,916.00
Blanco.	141,020.00	165,003.00	185,599.00	205,869.00	220,838.00	254,973.00	220,145.00	326,488.00	381,003.00	453,106.00
Periódico sin impresión.	42,081.00	37,114.00	57,292.00	20,633.00	30,539.00	46,214.00	60,999.00	58,780.00	74,015.00	47,283.00
Gris.	52,286.00	50,822.00	51,049.00	54,268.00	49,168.00	54,579.00	38,399.00	49,982.00	45,081.00	49,620.00
Total.	1,232,682.00	1,330,226.00	1,453,222.00	1,533,424.00	1,577,442.00	1,719,305.00	1,767,942.00	1,965,783.00	2,147,778.00	2,176,500.00

Consumo esperado y posibilidad de recolección nacional de fibra secundaria.  
(Miles de Toneladas)

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Consumo de Fibra Secundaria.	2,177.00	2,371.00	2,481.00	2,594.00	2,707.00	2,818.00
Recolección esperada.	1,287.00	1,341.00	1,404.00	1,467.00	1,535.00	1,608.00

Año: 1992

Fuente: Información proporcionada por la Cámara Nacional de la Celulosa y el Papel.

Tabla 3.1.2.2.2 Consumo de materias primas fibrosas en la producción de Papel.

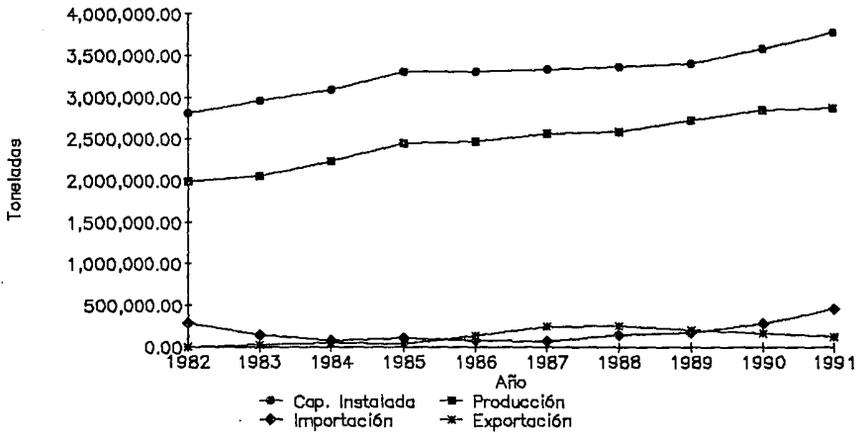
Materias primas de celulosa vs. Fibras Secundarias. {Toneladas}

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Celulosas	961,779.00	942,986.00	1,037,622.00	1,173,571.00	1,141,048.00	1,117,328.00	1,122,061.00	1,028,462.00	1,021,248.00	930,388.00
Fibras Secundarias	1,232,682.00	1,330,226.00	1,453,222.00	1,533,424.00	1,577,442.00	1,719,305.00	1,767,942.00	1,965,783.00	2,147,778.00	2,176,500.00
Total	2,194,461.00	2,273,212.00	2,490,844.00	2,706,995.00	2,718,490.00	2,836,633.00	2,890,003.00	2,994,245.00	3,169,026.00	3,106,888.00
§ Fibras Secundarias del Total de materias primas.	56.17	58.52	58.34	56.65	58.03	60.61	61.17	65.65	67.77	70.05

Año: 1992

Fuente: Información proporcionada por la Cámara Nacional de la Celulosa y el Papel.

Gráfica 3.1.2.1. Industria del Papel.

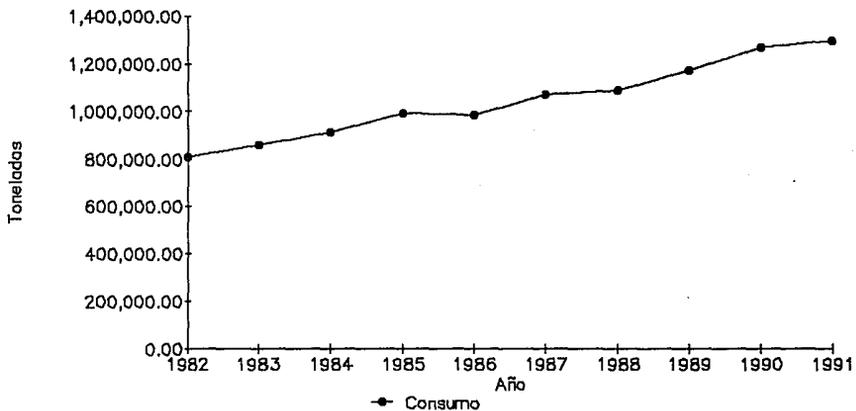


Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.1 "Industria del Papel".

### Gráfica 3.1.2.2.1 Consumo fibra sec.

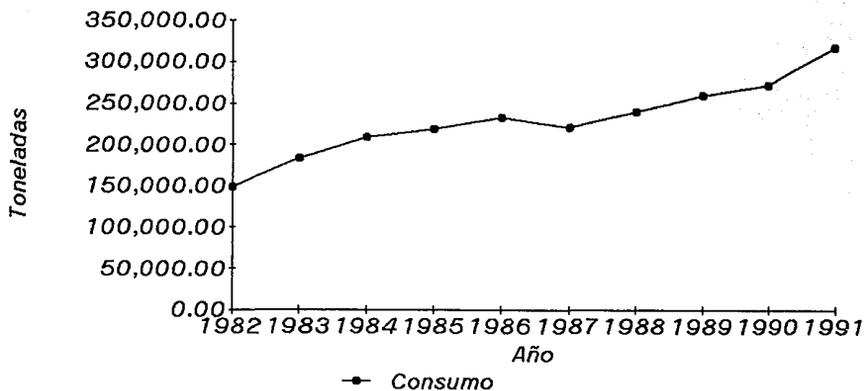
Del color natural de la pasta



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

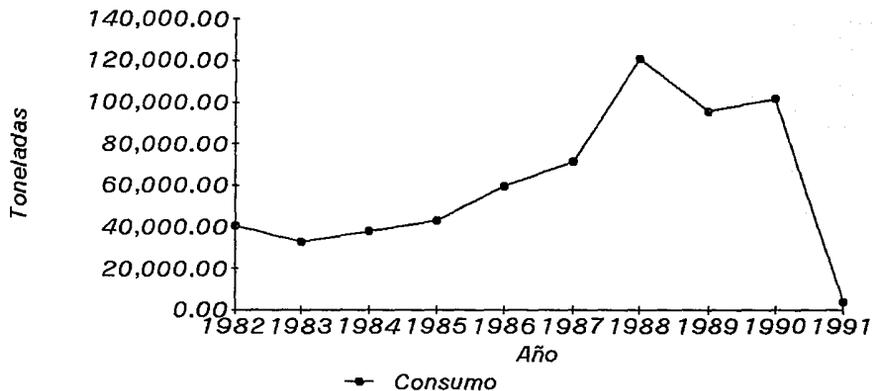
**Gráfica 3.1.2.2.2 Consumo fibra sec.**  
*Periódico con Impresión*



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

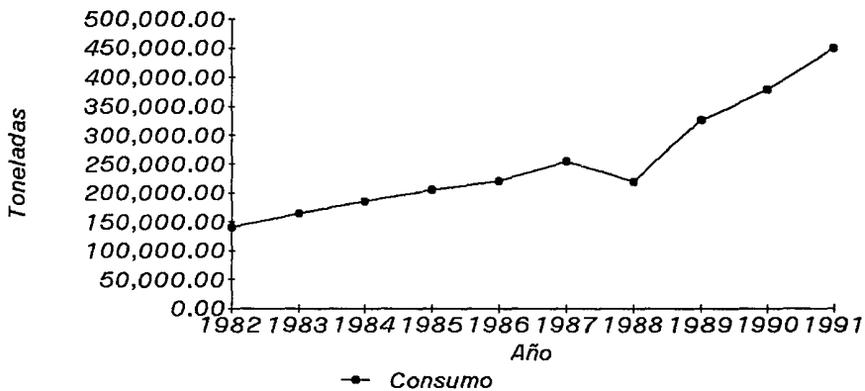
**Gráfica 3.1.2.2.3 Consumo fibra sec.**  
*Tarjeta Tabular*



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

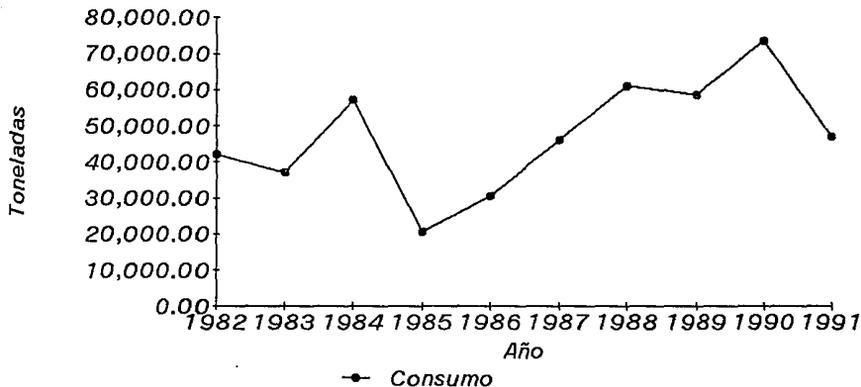
**Gráfica 3.1.2.2.4 Consumo fibra sec.  
Papel blanco.**



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

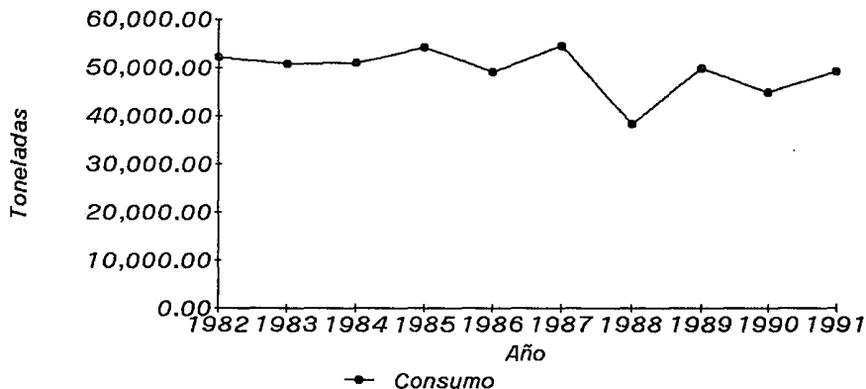
**Gráfica 3.1.2.2.5 Consumo fibra sec.**  
*Periódico sin impresión.*



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

**Gráfica 3.1.2.2.6 Consumo fibra sec.  
Papel gris.**

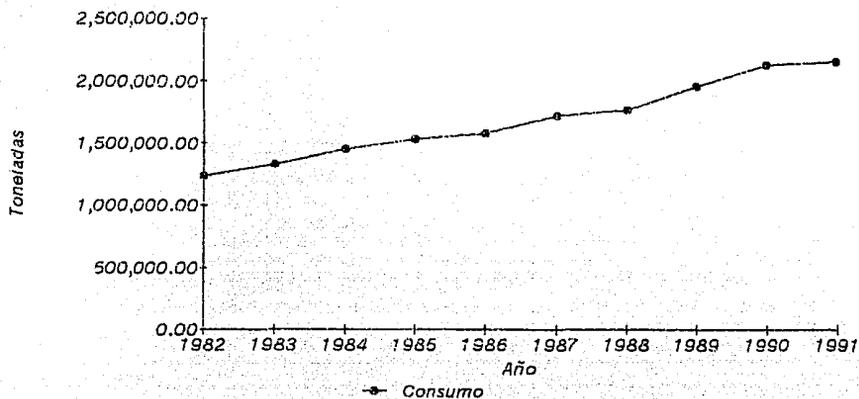


Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

### Gráfica 3.1.2.3 Consumo de fibra sec.

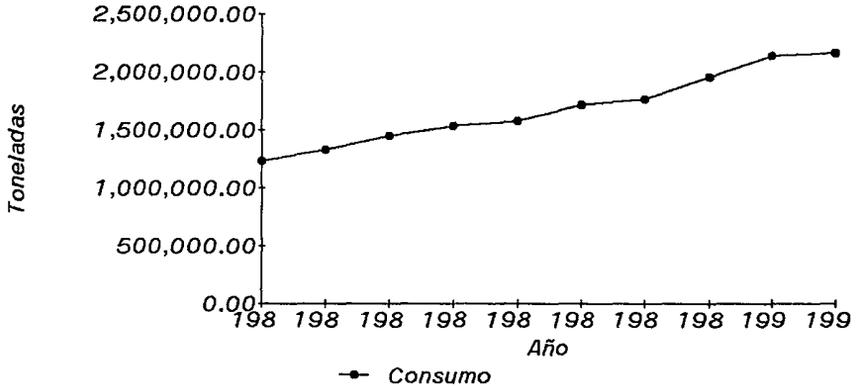
Total



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

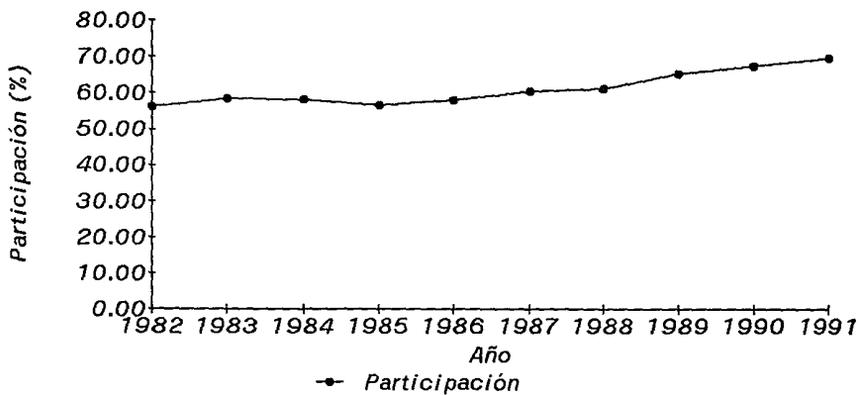
**Gráfica 3.1.2.3 Consumo de fibra sec.  
Total**



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo aparente de fibra secundaria".

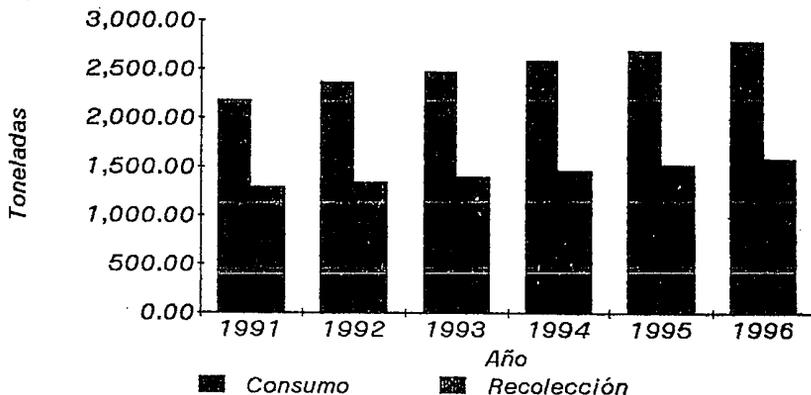
**Gráfica 3.1.2.4 Participación de Fibra**  
Sec. en el total de materias primas



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.2 "consumo de materias fibrosas en la producción de papel".

**Gráfica 3.1.2.5 Consumo esperado y posibilidad de recolección de F.S.**

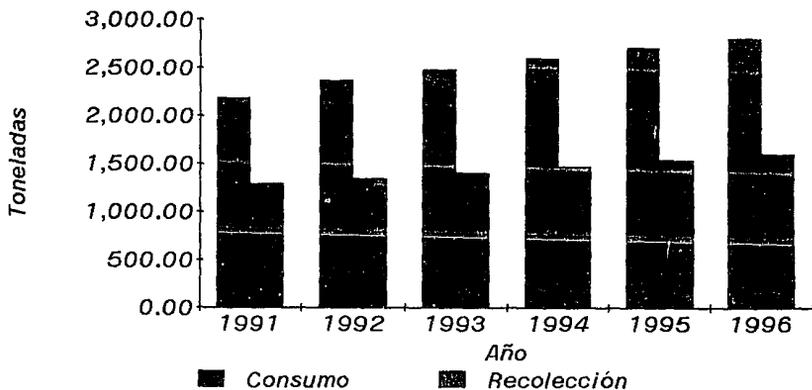


F.S. = Fibra secundaria.

Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo esperado y posibilidad de recolección nacional de fibra secundaria".

**Gráfica 3.1.2.5 Consumo esperado y posibilidad de recolección de F.S.**



Año: 1992

Gráfica elaborada con información de la tabla 3.1.2.2.1 "consumo esperado y posibilidad de recolección nacional de fibra secundaria".

### 3.1.2.4) Precios:

Los precios de venta para las distintas categorías se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1.2 Precios para distintas categorías de papeles recuperados. Año 1994.

Categoría:	Precio: [N\$/Ton]
Primera blanca.	N\$ 950 - 1,000.
Papel de computadora.	N\$ 700 - 750.
Papel bond color.	N\$ 600
Archivo blanco.	N\$ 400 - 450.
Archivo color.	N\$ 250 - 300.
Couché color.	N\$ 250 - 300.
Sección revistas.	N\$ 200.
Cartón.	N\$ 150.
Periódico.	N\$ 120.
Revoltura.	N\$ 60.

Fuente: Información obtenida mediante entrevistas a compañías productoras de papel como Kimberly Clark de México y Loreto y Peña Pobre S.A. de C.V.. Enero 1994.

### 3.1.2.5) Conclusiones del estudio de mercado para papel, cartón y periódico recuperados.

Al analizar los precios de venta y las especificaciones de los distintos grupos de papeles se ve que es muy importante la separación de los materiales de este tipo (papeles). El precio pagado por una tonelada de clase "revoltura" es más de 10 veces menor que el pagado por la clase "Papel de computadora", por lo que al no separar esta clase de papel adecuadamente se perdería una gran cantidad de dinero.

Si bien la recuperación de papel es una actividad hasta cierto grado informal, existe un mercado bien determinado de estos materiales, con participantes bien definidos y donde el precio de la fibra recuperada juega realmente un papel regulador entre la oferta y la demanda existentes al no existir un monopolio, como sucede en el caso del vidrio.

Como se vió en el análisis de la demanda, la tendencia en el consumo del papel recuperado es muy positiva generando buenas expectativas para este material.

### 3.1.2.4) Precios:

Los precios de venta para las distintas categorías se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1.2 Precios para distintas categorías de papeles recuperados. Año 1994.

Categoría:	Precio: [N\$/Ton]
Primera blanca.	N\$ 950 - 1,000.
Papel de computadora.	N\$ 700 - 750.
Papel bond color.	N\$ 600
Archivo blanco.	N\$ 400 - 450.
Archivo color.	N\$ 250 - 300.
Couché color.	N\$ 250 - 300.
Sección revistas.	N\$ 200.
Cartón.	N\$ 150.
Periódico.	N\$ 120.
Revoltura.	N\$ 60.

Fuente: Información obtenida mediante entrevistas a compañías productoras de papel como Kimberly Clark de México y Loreto y Peña Pobre S.A. de C.V.. Enero 1994.

### 3.1.2.5) Conclusiones del estudio de mercado para papel, cartón y periódico recuperados.

Al analizar los precios de venta y las especificaciones de los distintos grupos de papeles se ve que es muy importante la separación de los materiales de este tipo (papeles). El precio pagado por una tonelada de clase "revoltura" es más de 10 veces menor que el pagado por la clase "Papel de computadora", por lo que al no separar esta clase de papel adecuadamente se perdería una gran cantidad de dinero.

Si bien la recuperación de papel es una actividad hasta cierto grado informal, existe un mercado bien determinado de estos materiales, con participantes bien definidos y donde el precio de la fibra recuperada juega realmente un papel regulador entre la oferta y la demanda existentes al no existir un monopolio, como sucede en el caso del vidrio.

Como se vió en el análisis de la demanda, la tendencia en el consumo del papel recuperado es muy positiva generando buenas expectativas para este material.

### 3.1.3) Estudio de mercado para latas de hojalata recuperadas.

Las latas de hojalata son recipientes en los cuales se envasan alimentos y otros tipos de productos (como aceites p.e.). La mayoría de productos envasados así son alimentos (90% aproximadamente). Las latas tienen un recubrimiento de estaño para proteger la hojalata de la corrosión.

Para el reciclaje de estas latas existen dos alternativas:

- Reciclado directamente para la fabricación de acero en fundidoras, debido a que la composición del acero acepta bajos porcentajes de estaño.
- Reciclado previo desestañado de latas para aprovechar el acero en fundiciones y vender el estaño.

Es importante señalar que la hojalata puede ser reciclada para producir otros productos de acero y no únicamente latas de nuevo.

Una de las ventajas de usar chatarra para la producción de acero es el ahorro de energía. Al utilizar chatarra se usa aproximadamente 4 veces menos energía que la que se utilizaría en la producción de acero a partir de mineral de hierro. Además de estos beneficios existen otros en la producción directa de acero (identificados por la Agencia de Protección del Ambiente de los EEUU<sup>1</sup>) como:

- 90% de ahorro en el uso de materiales vírgenes.
- 86% de reducción en la contaminación del aire.
- 40% de reducción en el consumo de agua.
- 76% de reducción de contaminación del agua.
- 97% de reducción en desechos mineros.
- 100% de reducción en la generación de residuos por consumidores.

Otro punto a favor de la utilización de chatarra en fundiciones es la existencia cada vez mayor de hornos eléctricos en nuestro país. Este tipo de hornos puede usar hasta el 100% de chatarra en su carga<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>) Ver referencias a l final de esta tesis acerca de la EPA.

<sup>2</sup>) Según información de la Dir. Técnica de la CANACERO, y "The Mc.Graw Hill Recycling Handbook", Mc. Graw Hill 1993.

### 3.1.3.1) Oferta:

La hojalata reciclada, al igual que el resto de chatarra ferrosa, es utilizada en fundiciones donde existen dos alternativas: la primera de ellas es la utilización de la chatarra para la elaboración de productos terminados (fundiciones). La segunda es la elaboración de productos semielaborados como lingotes por ejemplo, para posteriormente utilizarlos en diversos procesos del acero (laminación, refundiciones, etc).

Del análisis de las alternativas anteriores, se puede observar que la chatarra compete con el hierro primario y con lingotes y otros semielaborados de acero respectivamente. La producción de acero en bruto y hierro primario en nuestro país de 1987 a 1991 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.1.3.1. Producción de Hierro primario y Acero en México. Año 1992.

Año	Hierro Primario [Toneladas]	Total Acero [Toneladas]
1987	5'262,520	7'642,259.
1988	5'364,271	7'778,655.
1989	5'393,487	7'851,601.
1990	6'189,919	8'733,917.
1991	5'372,205	7'963,744.

Fuente: "Indicadores Siderúrgicos", Cámara Nacional del Acero. 1990. "Anuario estadístico de la Siderurgia y minería del Hierro de América Latina", Instituto latinoamericano del Fierro y el Acero 1992.

### 3.1.3.2) Demanda:

La demanda de chatarra en general en nuestro país se muestra a continuación:

Tabla 3.1.3.2. Consumo aparente de Chatarra en México. Año 1992.

Año	Consumo Aparente [Toneladas]
1987	2'580,000.
1988	3'422,000.
1989	3'010,000.
1990	3'613,000.
1991	2'438,000.

Año: 1992

Fuente: "Indicadores Siderúrgicos", Cámara Nacional del Acero. 1990. "Anuario estadístico de la Siderurgia y minería del Hierro de América Latina", Instituto latinoamericano del Fierro y el Acero 1992.

### 3.1.3.3) Producto:

Para la venta de hojalata recuperada no existen requisitos estrictos. De preferencia las latas deben ir libres de alimentos, etiquetas y otros materiales. Para su manejo y transporte es conveniente la compactación de las latas en "pacas", que podrían ser de las dimensiones propuestas para el aluminio, es decir de 1 x 1.2 x 1.5 [m].

### 3.1.3.4) Precios:

No existe ningún boletín en México que informe de los precios de la hojalata recuperada y de la chatarra en general, sin embargo, mediante entrevistas se ha determinado que el precio por tonelada de hojalata recuperada es de 150 a 230 N\$/Ton (Enero 1994).

### 3.1.3.5) Conclusiones al estudio de mercado para latas de hojalata recuperadas:

En el cuadro de consumo aparente se observa que el consumo de chatarra descendió de 1990 a 1991, al igual que la producción de acero. Sin embargo el porcentaje de chatarra se ha mantenido más o menos constante en esta relación (producción de acero - consumo de chatarra) entre el 30 y el 40%.

El total de material ferroso en los residuos sólidos en la Delegación Cuauhtémoc es una cantidad muy pequeña comparada con el consumo que de chatarra se presenta en el país (alrededor del 0.2%) por lo que, si el material recuperado cuenta con una calidad aceptable no deberán existir problemas para su colocación en el mercado.

### 3.1.4) Estudio de mercado para vidrio recuperado:

El vidrio es quizás el material que más ventajas presenta para el reciclaje, ya que tiene la característica de reciclarse al 100% una vez recolectado y separado. Por ejemplo, al reciclar una botella de vidrio de un litro se podría producir otra botella equivalente sin pérdida de vidrio, por lo cual se dice que el vidrio es 100% reciclable.

El vidrio recuperado y molido es conocido como "cullet". La ventaja principal de usar el cullet es el ahorro de energía debido a que se funde a temperaturas más bajas que los materiales vírgenes con que se elabora el vidrio. Por cada 1% de incremento en el uso de cullet se reduce 0.25% de energía en la manufactura del vidrio, lo que incrementa a su vez la vida útil de los hornos utilizados, que dependiendo de la cantidad de cullet usada puede incrementarse de 15 al 20%. El precio por Kg. de cullet es aproximadamente 15% inferior al de las materias primas necesarias para la elaboración del vidrio (Enero 94).

El único vidrio que se recicla es aquel con que se elaboran las botellas y los frascos, otros vidrio como los usados en focos, ventanas, etc. son considerados contaminantes en el reciclaje.

#### 3.1.4.1) Oferta:

Las materias primas con las que se elabora el vidrio, básicamente arena sílica blanca, sosa cáustica, feldespató, aragonita, etc. son materiales cuya oferta es abundante y son de fácil obtención. El cullet sin embargo es ampliamente utilizado debido a las ventajas citadas anteriormente.

No existen estadísticas públicas en cuanto a la oferta y consumo de cullet. Sin embargo se tiene conocimiento de que este material secundario se compra en grandes volúmenes.

#### 3.1.4.2) Demanda:

De acuerdo a entrevistas realizadas, se sabe que el Grupo Vitro llega a utilizar hasta un 45% de cullet en la fabricación de botellas, otras empresas menores utilizan por lo menos un 15% en la carga de materiales para producir vidrio.

Tan solo Vitro en una de sus plantas en la Cd. de México consume aproximadamente 7,000 toneladas de vidrio recuperado al mes (1994), empresas medianas utilizan de 600 a 700 toneladas al mes<sup>1</sup>.

#### 3.1.4.3) Producto:

Para su venta el cullet debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe estar libre de metales.
- Es recomendable que no tenga residuos alimenticios ni etiquetas, aunque es posible su comercialización aun con estos.
- Debe ir despedazado o triturado (pedazos de 2.5 cm aprox.)
- Debe estar separado por colores (transparente, ámbar y verde).

#### 3.1.4.4) Precio:

Precios para cullet triturado, limpio y separado por colores (fuente: entrevistas):

	Precio [N\$/ton]
Blanco	275.00 a 310.00
Ámbar	260.00 a 295.00
Verde	260.00 a 295.00

<sup>1</sup>) Según entrevistas con Vidriera México S.A.de C.V. y PAVISA.

3.1.4.5) Conclusiones del estudio de mercado del vidrio recuperado:

Según se desprende de las entrevistas realizadas, en el mercado del vidrio recuperado existen mecanismos bien definidos para su comercialización como lo son las especificaciones existentes. A partir de dichas entrevistas y de las ventajas de usar cullet citadas anteriormente se considera que el consumo de cullet se comportará de una manera ascendente.

### 3.1.5) Estudio de mercado para plásticos recuperados:

El principal beneficio para quien utiliza plásticos recuperados en la elaboración de un producto de plástico, es la diferencia existente en precios entre el material vírgen y el recuperado. Debido a que el material recuperado se puede comportar en muchos casos de forma similar al vírgen. No existen ahorros de energía al conformar piezas nuevas con material recuperado con respecto al vírgen para el fabricante del producto; sin embargo, tomando en cuenta el ciclo de producción de la resina vírgen, su transformación en pelets y su transporte, resulta mucho menor la energía total requerida para producir un producto con material recuperado que para fabricarlo de material vírgen.

#### 3.1.5.1) Oferta:

En México existe una industria dedicada a la recuperación de plásticos, que principalmente reprocesa plásticos desechados por las industrias. Dichos desperdicios plásticos tienen la característica de ser homogéneos a diferencia de aquellos que se pueden encontrar en los residuos sólidos municipales, por lo que su recolección y separación son menos costosos. Sin embargo las cantidades de plástico así recuperados son menores que las que se podrían obtener de los residuos sólidos municipales (RSM). El recuperar los plásticos de los RSM no sólo aportaría más material para el reprocesamiento, sino que tendría un efecto ecológico favorable.

El conjunto de empresas dedicadas a la recuperación de plásticos ya ofrecen al mercado las principales resinas termoplásticas que son (orden según código de identificación):

<u>Código</u>	<u>Plástico</u>
1	PET (Tereftalato de polietileno)
2	PEAD (Polietileno de alta densidad)
3	PVC (Cloruro de polivinilo)
4	PEBD (Polietileno de baja densidad)
5	PP (Polipropileno)
6	PS (Poliestireno)
7	Otros

No existen estadísticas que indiquen el comportamiento del mercado de estos materiales recuperados, pero debido a que estos materiales compiten con los materiales vírgenes directamente se presenta la tabla 3.1.5 donde se muestra el comportamiento de la industria de los plásticos arriba mencionados.

#### 3.1.5.2) Demanda:

No se puede determinar la demanda de los materiales recuperados que actualmente se comercializan por la falta de información, sin embargo, al poder utilizar los materiales recuperados en mezcla con los vírgenes, el potencial para los

plásticos recuperados es muy amplio, siempre y cuando cumplan con una serie de especificaciones que los hagan utilizables y de un precio adecuado que los haga competitivos.

También existe la alternativa de elaborar productos que contengan un 100% de materiales recuperados; tradicionalmente este tipo de productos ha sido aquel donde la calidad de los materiales no es prioritaria, como por ejemplo: cubetas, mangueras, poliducto, señalamientos, etc. Pero con la tecnología existente actualmente es posible obtener plásticos recuperados con una calidad similar a la del material virgen.

La tabla 3.1.5 contiene también el consumo aparente de los diferentes plásticos vírgenes y sus aplicaciones (ver gráficas).

### 3.1.5.3) Producto:

Los materiales plásticos recuperados pueden ser presentados ya sea: molidos o pelletizados. La presentación más común es el molido con un tamaño de aproximadamente 1/4" (6.5 mm), el molido representa un ahorro de energía con respecto a la elaboración de pellets. Sin embargo la elaboración de pellets ofrece la posibilidad de incorporar aditivos y pigmentos al material recuperado.

Se propone que los plásticos recuperados en el sistema de manejo de residuos sólidos sean plásticos molidos.

Los plásticos recuperados son comercializados según la resina de la cual consisten y la mezcla de colores que tienen, distinguiéndose tres grupos de acuerdo a esta mezcla:

- Plásticos de un sólo color (p.e. verde, azul, etc.).
- Mezcla de colores (utilizados para la elaboración de plásticos oscuros).
- Natural (del color natural de la resina).

Los contaminantes principales que se deben evitar son:

- metales
- papeles
- comida y residuos orgánicos en general
- plásticos que no pertenezcan al grupo indicado (para algunas aplicaciones existe flexibilidad en este aspecto)

Tabla 3.1.5 Industria de los plásticos. [Tons/año]

Polietileno de baja densidad (PEBD)

AÑO	CAPACIDAD INSTALADA	PRODUCCION	IMPORTACIONES	CONSUMO APARENTE
1981	99,000.00	91,245.00	167,795.00	259,040.00
1982	99,000.00	93,345.00	161,795.00	255,140.00
1983	99,000.00	88,295.00	178,830.00	267,125.00
1984	179,000.00	133,520.00	90,780.00	224,300.00
1985	259,000.00	159,995.00	139,835.00	299,830.00
1986	339,000.00	242,165.00	84,250.00	326,415.00
1987	339,000.00	256,835.00	14,545.00	256,100.00
1988	339,000.00	306,880.00	25,880.00	332,760.00
1989	339,000.00	293,240.00	37,500.00	330,740.00

Polietileno de alta densidad (PEAD)

AÑO	CAPACIDAD INSTALADA	PRODUCCION	IMPORTACIONES	CONSUMO APARENTE
1981	100,000.00	78,060.00	18,690.00	96,750.00
1982	100,000.00	78,330.00	25,740.00	104,070.00
1983	100,000.00	82,200.00	63,735.00	145,935.00
1984	100,000.00	76,290.00	40,090.00	116,380.00
1985	100,000.00	67,815.00	47,405.00	113,860.00
1986	100,000.00	69,075.00	72,450.00	141,525.00
1987	100,000.00	75,990.00	68,350.00	134,745.00
1988	100,000.00	81,870.00	75,955.00	157,825.00
1989	200,000.00	83,350.00	105,870.00	189,220.00

Fuente: Anuario Estadístico del Instituto Mexicano del Plástico Industrial 1990. IMPI 1990.

Tabla 3.1.5 Industria de los plásticos (continuación).

Polipropileno (PP)

AÑO	IMPORTACIONES	CONSUMO APARENTE
1981	99,025.00	99,025.00
1982	66,310.00	66,310.00
1983	67,120.00	67,120.00
1984	70,835.00	70,835.00
1985	88,585.00	88,585.00
1986	93,160.00	93,160.00
1987	100,785.00	100,785.00
1988	100,225.00	100,225.00
1989	105,200.00	105,200.00

Poliestireno (PS)

AÑO	CAPACIDAD INSTALADA	PRODUCCION	IMPORTACIONES	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1981	97,040.00	89,670.00	620.00	715.00	89,575.00
1982	97,040.00	84,085.00	645.00	0.00	84,730.00
1983	107,040.00	80,225.00	135.00	5,710.00	74,650.00
1984	107,040.00	79,525.00	915.00	10,065.00	70,375.00
1985	107,040.00	86,550.00	90.00	7,810.00	78,830.00
1986	147,040.00	100,420.00	920.00	15,370.00	85,970.00
1987	155,760.00	115,850.00	1,905.00	32,610.00	85,145.00
1988	179,600.00	113,530.00	2,670.00	35,740.00	80,460.00
1989	182,000.00	113,310.00	6,220.00	33,400.00	86,130.00

Fuente: Anuario Estadístico del Instituto Mexicano del Plástico Industrial 1990. IMPI 1990.

Tabla 3.1.5 Industria de los plásticos (continuación).

Cloururo de polivinilo (PVC)

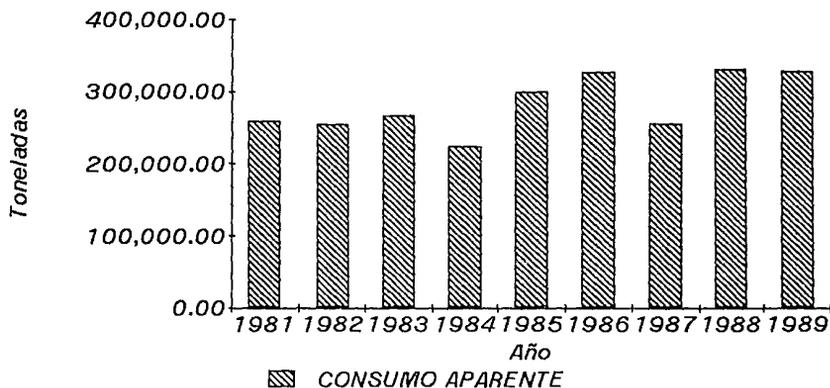
AÑO	CAPACIDAD INSTALADA	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1981	208,300.00	131,520.00	5,750.00	110.00	137,160.00
1982	208,300.00	142,530.00	3,650.00	17,365.00	128,815.00
1983	252,000.00	182,985.00	3,620.00	65,200.00	121,405.00
1984	282,000.00	251,250.00	3,165.00	121,520.00	132,895.00
1985	282,000.00	262,850.00	2,160.00	116,390.00	148,620.00
1986	302,000.00	264,800.00	4,150.00	148,190.00	120,760.00
1987	306,000.00	283,745.00	4,355.00	161,000.00	127,100.00
1988	308,000.00	256,345.00	5,485.00	135,560.00	126,270.00
1989	308,000.00	262,910.00	10,880.00	138,150.00	135,640.00

Tereftalato de polietileno (PET)

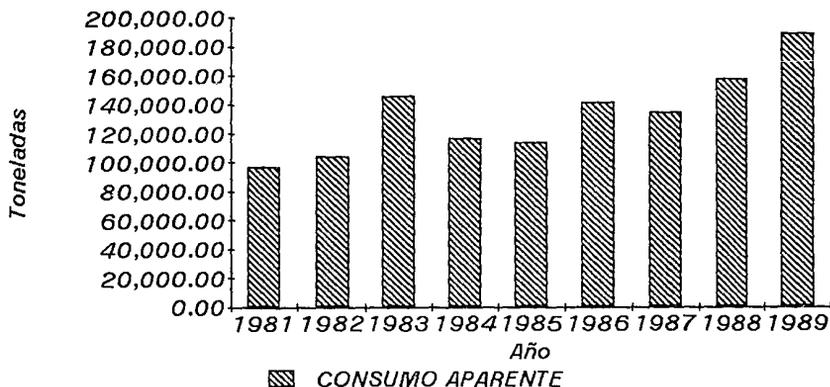
AÑO	CAPACIDAD INSTALADA	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1986	17,100.00	11,550.00	170.00	7,000.00	4,720.00
1987	17,100.00	15,670.00	37.00	10,570.00	5,137.00
1988	19,400.00	17,650.00	34.00	11,000.00	6,684.00
1989	19,400.00	18,660.00	65.00	9,380.00	9,345.00

Fuente: Anuario Estadístico del Instituto Mexicano del Plástico Industrial 1990. IMPI 1990.

**Gráfica 3.1.5.1. Consumo aparente de  
PEBD virgen**

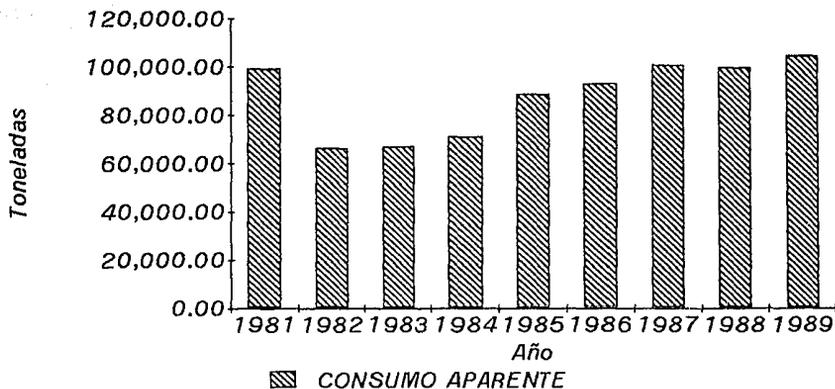


**Gráfica 3.1.5.2. Consumo aparente de  
PEAD virgen**

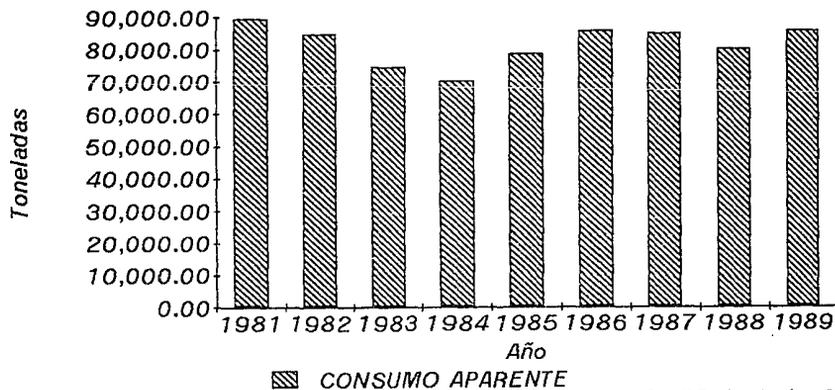


Gráfica elaborada con información de la Tabla 3.1.5. "Industria de los plásticos"

**Gráfica 3.1.5.3. Consumo aparente de  
PP vírgen**

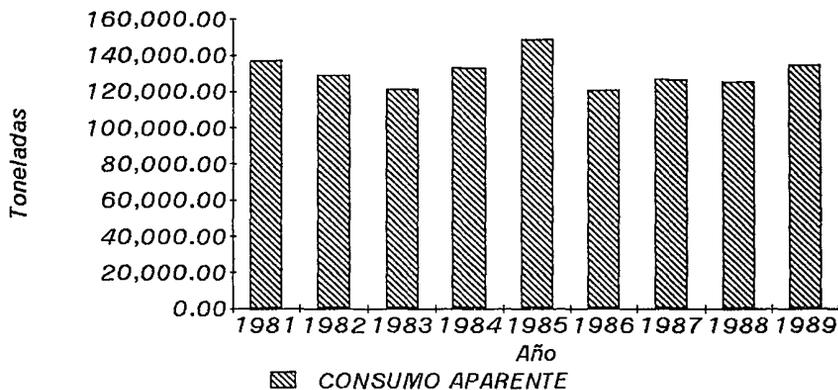


**Gráfica 3.1.5.4. Consumo aparente de  
PS vírgen**

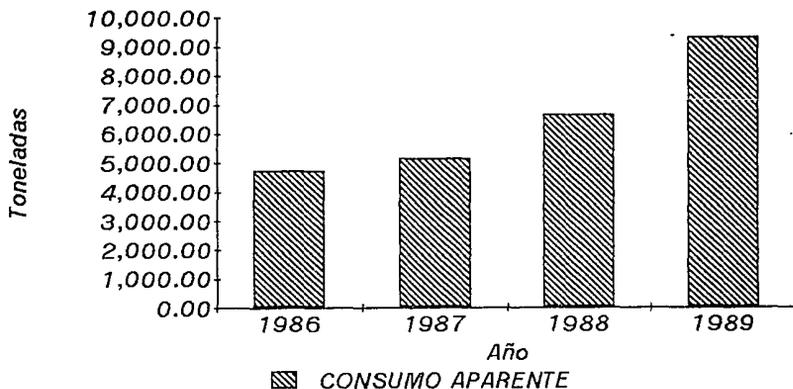


Gráfica elaborada con información de la Tabla 3.1.5. "Industria de los plásticos"

**Gráfica 3.1.5.5. Consumo aparente de  
PVC virgen**



**Gráfica 3.1.5.6. Consumo aparente de  
PET virgen**



Gráfica elaborada con información de la Tabla 3.1.5. "Industria de los plásticos"

### 3.1.5.4) Precios.

Los precios (N\$/kg) a los que se comercializan actualmente los plásticos recuperados molidos (según entrevistas a empresas recuperadoras de plásticos) son:

Tabla 3.1.5.4. Precios de plásticos recuperados y vírgenes. Enero 1994.

Plástico	Separado por colores	Natural	Mezcla de colores	Resina virgen
PET	1.50	1.60	1.40	
PEAD	1.50	1.60	1.40	2.50
PVC	1.30	1.60	1.20	4.84
PEBD	1.60	1.90	1.50	3.01
PP	1.50	1.60	1.40	2.51
PS	2.70	3.20	2.50	3.50

### 3.1.5.5) Conclusiones del estudio de mercado para plásticos recuperados:

Las aplicaciones para los plásticos recuperados son muy amplias por lo que se espera una demanda creciente de estos. Bajo las condiciones actuales de precios son atractivos los materiales recuperados, sin embargo esta situación puede cambiar dependiendo principalmente del precio del petróleo (principal insumo para la fabricación de plásticos vírgenes): si el precio de este baja demasiado la diferencia en precios entre los materiales vírgenes y los recuperados podría ser mínima y hasta negativa para los recuperados.

La sensibilidad de los precios de los materiales recuperados con respecto a los de los vírgenes podría ser disminuida con la aplicación de leyes que obligaran a los fabricantes de productos de plásticos a utilizar material reciclado. Otro factor que disminuye la sensibilidad de los precios de estos materiales es la preferencia de los clientes por ciertos productos que contienen material reciclado, un fenómeno que ya ocurre en algunos países de Europa y en los EEUU.

### 3.2) Tamaño de la planta.

Para estimar el tamaño adecuado de la PRM se utilizan las tasas de recuperación esperadas para los distintos grupos de residuos sólidos reciclables expuestas anteriormente en el punto 2.5.3.3 de la "Definición del proyecto"; aplicando estas tasas de recuperación a los totales de materiales reciclables por grupo se obtiene la cantidad de materiales reciclables que deben ser tratados en la PRM. Dicho cálculo se expone en la siguiente tabla.

Tabla 3.2: Materiales obtenibles para el programa de reciclaje en la Del. Cuauhtémoc. Año 1993.

Material	Total de Reciclables <sup>1</sup> [tons/día]	Tasa de Recuperación.	Material recuperable [tons/día]
Lata de aluminio	20.61	37.5%	7.73
Lata de hojalata	15.91	20.0%	3.18
Envases de plásticos de			
PEBD	2.23	20.0%	0.45
PEAD	21.27	20.0%	4.25
PP	1.65	20.0%	0.33
PVC	5.10	20.0%	1.02
PET	1.93	20.0%	0.39
PS	7.73	20.0%	1.55
OTROS	1.93	20.0%	0.39
Vidrio de color	40.85	16.5%	6.74
Vidrio transparente	61.99	16.5%	10.23
Cartón	97.48	26.0%	25.34
Papel bond y otros esc.	108.20	6.5%	7.03
Papel periódico	71.79	17.5%	12.56
TOTAL	458.67		81.18

1) Cantidades según "Análisis de costos del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México" del DDF (1993) . Las cantidades referentes a cada tipo de Plástico fueron calculados con esta información y porcentajes referentes a la composición de los plásticos en los residuos sólidos publicados en "El reciclaje de Plásticos, el negocio de los 90's" del Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI 1991) .

De la Tabla 3.2 se desprende que la capacidad apropiada para la Planta Recuperadora de Materiales sería de 85 Toneladas por día.

Como se señaló en 2.5.3.3, la participación de los habitantes de la Del. Cuauhtémoc podría ser menor a la esperada, con lo cual las tasas de recuperación sufrirían una disminución,

recuperándose menos materiales que los indicados en la tabla 3.2. Este riesgo (el de una participación menor por parte de los habitantes de dicha Delegación) es estudiado posteriormente en un Análisis de sensibilidad en esta Tesis.

### 3.3) Localización de la Planta.

Debido a que diariamente se efectuaría la recolección de los residuos reciclables y a los costos que esto implica, la Planta Recuperadora de Materiales deberá estar lo más cerca posible del área donde se lleve a cabo la recolección.

Se propone que esta planta se establezca dentro de la misma Delegación Cuauhtémoc o en un lugar muy cercano a esta, lo cual reduciría los costos de transporte de los residuos recolectados evitando la creación de otra estación de transferencia.

### 3.4) Ingeniería del proyecto.

Esta sección se divide en dos partes, en la primera de ellas se detallarán los aspectos referentes al sistema de separación y recolección propuestos. En la segunda se realizará el estudio de ingeniería básica para la planta recuperadora de materiales.

#### 3.4.1) Sistema de separación y recolección.

##### 3.4.1.1) Separación de los residuos sólidos.

De acuerdo a lo propuesto en el capítulo 2, los participantes en el programa de reciclaje separarían sus residuos reciclables de la siguiente forma:

(1). Depositando en bolsas de plástico especiales los envases de plástico, aluminio, hojalata y vidrio.

(2). Haciendo "pacas" de cartón, periódico, papel bond, etc. (un solo tipo de papel por paca).

Las características de las bolsas para la separación de los envases serían:

- De color verde, para facilitar su identificación por el personal de recolección de los residuos.
- El material de las bolsas será Polietileno de baja densidad.
- La capacidad de las bolsas se propone de 75 lbs.

Un aproximado de las bolsas necesarias por día para la recolección se puede calcular de la siguiente forma:

Cantidad de bolsas =  $\frac{\text{Captura diaria esperada de mats. reciclables}}{\text{Capacidad por bolsa}}$   
necesarias por día

donde :

Captura esperada de mats. reciclables = 1,154.15 m<sup>3</sup>  
expresada en m<sup>3</sup>

Nota: Esta captura expresada en m<sup>3</sup> se calculó de acuerdo a la densidad de cada residuo. Este cálculo se expone en 3.4.2.1 "Evaluación técnica de las materias primas".

Capacidad por bolsa = 75 lts = 0.075 m<sup>3</sup>

Por lo que:

Cantidad de bolsas = 1,154.15 / 0.075 = 15,389 Bolsas  
necesarias por día

Estas bolsas serán repartidas por el personal de los camiones recolectores de residuos.

#### 3.4.1.2) Recolección:

Para la recolección de los residuos reciclables se dividirá el área de la Delegación en siete sectores. Cada día se recolectarán los residuos reciclables de un sector determinado. Es decir, si a cada sector se le asociará una letra existirían los sectores: A, B, C, D, E, F y G, por lo cual la recolección podría ser:

Lunes - Recolección en sector A.  
Martes - Recolección en sector B.  
Miércoles - Recolección en sector C.  
Etc.

Para la recolección de los residuos reciclables se recomienda el uso de camiones de redilas grandes con una capacidad de carga de 10 Tons, con motor Diesel de 170 Hp. No es recomendable la utilización de un sistema de compactación pues dañaría algunos materiales y dificultaría su recuperación. El volumen aproximado de carga de estos camiones es de 30 m<sup>3</sup>.<sup>1</sup> Según "Análisis de costos del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la ciudad de México" del DDF la recolección con este tipo de vehículos se puede realizar mediante dos viajes diarios por cada camión.

El número de camiones necesarios se estima de la siguiente forma:

Cantidad de camiones =  $\frac{\text{Captura de residuos reciclables esperada [m}^3\text{]}}{\text{Capacidad del camión [m}^3\text{]} \times 2 \text{ [viajes]}}$

<sup>1</sup>) Las características de este tipo de camión fueron tomadas de "Análisis del costo de manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México". DDF 1993.

Cantidad de camiones necesarios = 1,154.15 / 60 = 19.2 camiones  
es decir serían necesarios 20 camiones de la características

señaladas para la recolección diaria de los residuos reciclables.

Para la estimación de los costos de transporte de materiales recuperables a la planta recuperadora de residuos se tomarán como base datos del DDF y se presentarán en el análisis económico de esta tesis.

### 3.4.2) Planta recuperadora de materiales (PRM).

En esta planta se recuperarán los materiales reciclables provenientes de los residuos sólidos que se obtendrían del sistema de separación y recolección. La función de esta planta puede ser dividida en dos etapas: la primera de ellas se encargará de separar los residuos reciclables de acuerdo a los grupos a los que pertenecen; una vez realizada esta etapa, en la segunda se procesarán los residuos ya separados para adecuarlos a las necesidades del mercado.

#### 3.4.2.1) Evaluación técnica de las materias primas.

En la siguiente tabla se presentan los distintos grupos de materiales que se procesarían en la PRM, sus cantidades y densidades.

Tabla 3.4.2.1) Densidad y volumen de los materiales recuperables en la PRM.

Material	Captura esperada [ton/día]	Densidad <sup>1</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	volumen ocupado. [m <sup>3</sup> /día]
lata de aluminio	7.73	29.65	260.67
lata de hojalata	3.18	88.97	35.76
envases de plásticos.	8.38	17.80	470.11
vidrio	16.97	355.91	47.68
cartón	25.34	88.97	284.87
papel bond y esc.	7.03	355.91	19.76
papel periódico	12.56	355.91	35.30
TOTAL	81.18		1,154.15

1) Densidades tomadas de "The Mc. Graw Hill Recycling Handbook". Mc. Graw Hill 1993. Densidades para los materiales no compactados.

Como se indicó anteriormente la separación de los envases reciclables se hará mediante el uso de bolsas de plástico especiales, por lo que la cantidad de materiales no pertenecientes a los incluidos en el programa de reciclaje que estarían en las bolsas depende únicamente de la cooperación de los participantes en el área seleccionada. Para efectos de cálculo es válido estimar un 5% en peso como nivel máximo de estos materiales en el total de materiales recuperables que llegarían a la planta.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>) Este porcentaje se ha tomado de "The Mc. Graw Hill Recycling Handbook". Mc. Graw Hill 1993.

### 3.4.2.2) Selección del tipo de proceso

Las plantas recuperadoras de materiales son intensivas en mano de obra, sin embargo a medida en que los volúmenes de material que estas plantas manejan son mayores se justifica la utilización de equipos automáticos y semi automáticos para la separación, manejo y tratamiento de los materiales.

Los volúmenes que se procesarían en esta PRM son grandes, por lo que se justifica que ciertas operaciones se lleven a cabo con equipo automático. Sin embargo, operaciones tales como la separación automatizada de vidrio por color son muy costosas y aún no rentables para aplicaciones prácticas.

Entre las operaciones que se propone automatizar estan:

- Remoción de contaminantes de tamaño menor.
- Separación de hojalata.
- Separación de materiales ligeros y pesados.
- Transporte de materiales en proceso.
- Trituración.
- Limpieza.
- Compactado.

A continuación se describe el proceso propuesto para la recuperación de los materiales reciclables. Posteriormente se describe la maquinaria y equipo necesarios para dicho proceso.

### 3.4.2.3) Descripción del proceso.

En la figura 3.4.2.3 se presenta el diagrama de bloques para la PRM propuesta.

Los materiales reciclables provenientes de la recolección domiciliaria son descargados en dos tolvas para su separación y recuperación. En la primera de las tolvas se descargan las bolsas de plástico que contienen los envases reciclables, en la segunda, las "pacas" de papel y el cartón. Estos dos grupos seguirán líneas de proceso independientes.

#### 3.4.2.3.1) Línea para los envases reciclables.

En el caso de las bolsas de materiales reciclables se efectuarán las siguientes operaciones (los números entre paréntesis corresponden a las operaciones indicadas en el cuadro 3.4.2.3.) :

(1).- Entrada de materiales reciclables mezclados: una vez separadas las bolsas con envases del papel y el cartón, estas deberán ser transportadas al área de separación de los distintos grupos de materiales. Las bolsas deberán abrirse para procesar su contenido.

(2).- Remoción de contaminantes mayores: en esta etapa se separarán todos aquellos objetos que no pertenezcan a los grupos

que serán recuperados y cuyo tamaño permite que sean separados manualmente.

(3).- Remoción de contaminantes menores: aquí se removerán los contaminantes que por su tamaño son difíciles de eliminar manualmente.

(4).- Separación de latas de hojalata.

(5).- Inspección de hojalata: se revisará que la hojalata este libre de contaminantes.

(6).- Compactación de latas de hojalata: formación de pacas de hojalata para su almacenaje y transporte.

(7).- Separación de vidrio por gravedad: una vez removida la hojalata del flujo de materiales reciclables mezclados, se separará dicho flujo en materiales ligeros (plásticos y aluminio) y en materiales pesados (vidrio).

(8).- Separación de plásticos y aluminio.

(9).- Separación de plásticos por tipo.

(10).- Compactación de latas de aluminio: formación de pacas de aluminio para su almacenaje y transporte.

(11).- Separación de vidrio por color.

Para el acabado de vidrios se continuará con los siguientes pasos:

(12).- Entrada de vidrios: ya que el vidrio se encuentra separado por colores, es transportado al área donde se le transformará en "cullet".

(13).- Limpieza: se removerán contaminantes adheridos al vidrio, como etiquetas y residuos alimenticios.

(14).- Separador magnético: se separarán todos los residuos ferrosos.

(15).- Triturado: los envases se transformarán en "cullet".

(16).- Tamizado: las piezas que no hayan sido trituradas al tamaño exigido serán regresadas al triturador.

Para el acabado de plásticos se continuará con los siguientes pasos:

(17).- Entrada de plásticos: se recibirán los plásticos separados por tipo.

(18).- Separación por color.

(19).- Limpieza de plásticos: se removerán contaminantes adheridos, como: residuos alimenticios y etiquetas.

(20).- Separador magnético: se separarán todos los residuos ferrosos.

(21).- Molienda: se molerán los distintos plásticos para cumplir con las especificaciones del mercado.

#### 3.4.2.3.2) Línea para cartón, periódico y otros papeles:

Después de que estos materiales son descargados en la tolva indicada se siguen las siguientes operaciones (los números entre paréntesis corresponden a las operaciones indicadas en el cuadro 3.4.2.3.):

(22).- Entrada de cartón, periódico y otros papeles: los materiales son transportados para su posterior separación.

(23).- Remoción de contaminantes: los materiales no pertenecientes a este grupo de reciclables son removidos del flujo.

(24).- Separación de periódico: el periódico se separa del resto de los materiales.

(25).- Separación del cartón.

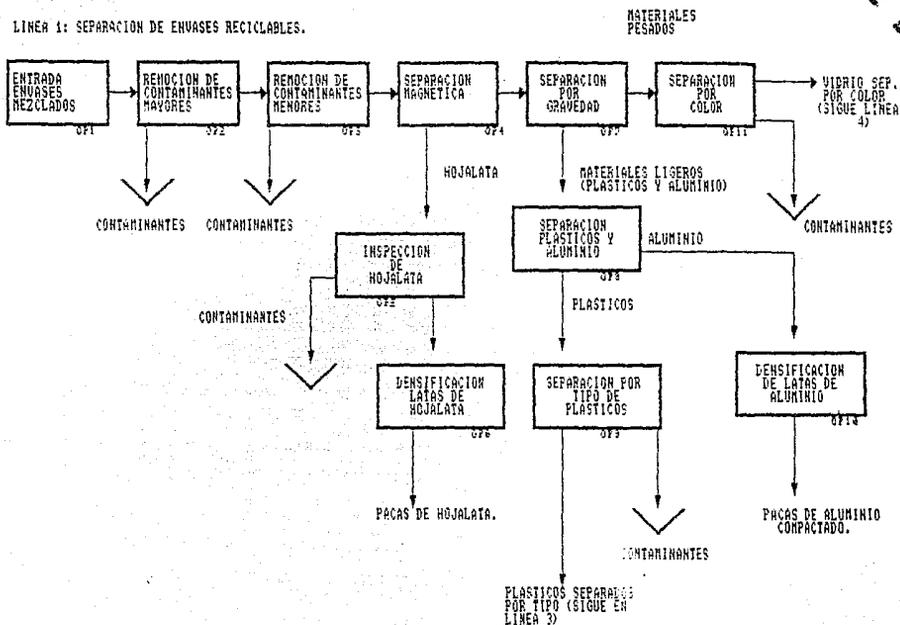
(26).- Separación de otros papeles: una vez separados cartón y el periódico quedan en la línea únicamente papeles diversos no pertenecientes a los dos grupos anteriores.

(27).- Compactación: una vez separado cada uno de los distintos grupos de cartón, periódico y otros papeles, estos son compactados para facilitar su manejo y almacenamiento.

FIG. 3.4.2.3 DIAGRAMA DE BLOQUES: PLANTA RECUPERADORA DE MATERIALES.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

LÍNEA 1: SEPARACION DE ENVASES RECICLABLES.



LÍNEA 2: ACABADO DE VIDRIOS.

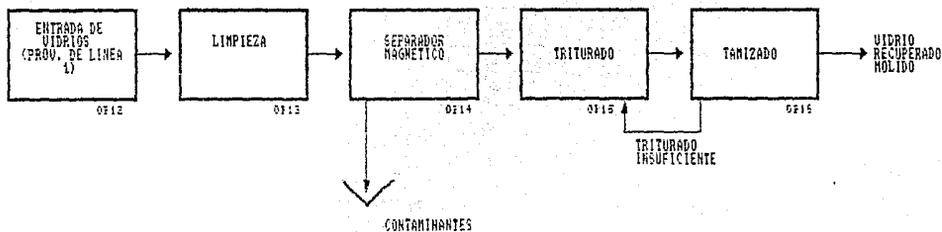
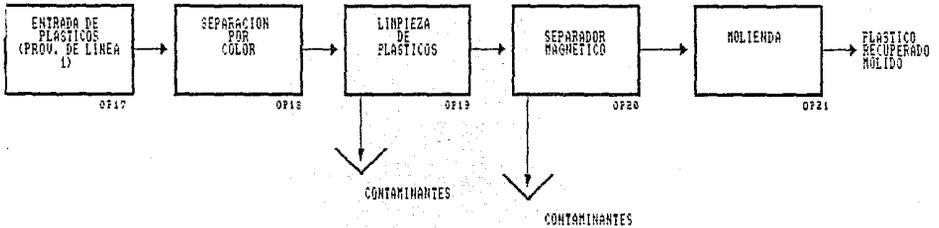
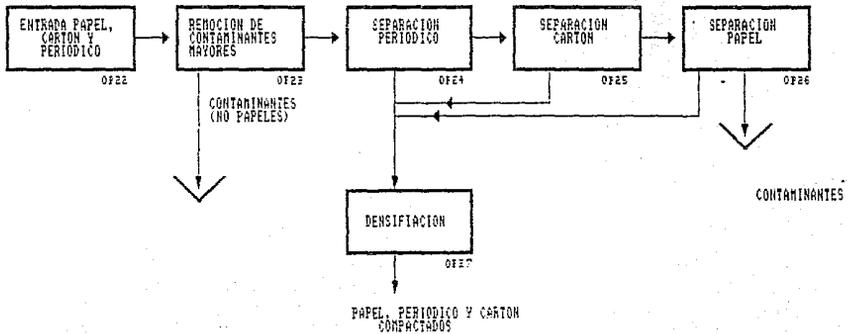


FIG. 3.4.2.3 DIAGRAMA DE BLOQUES: PLANTA RECUPERADORA DE MATERIALES.  
(CONTINUACION)

LÍNEA 3: ACABADO DE PLÁSTICOS.



LÍNEA 4: SEPARACION DE CARTÓN, PERIÓDICO OTROS PAPELES.



#### 3.4.2.4) Métodos y técnicas a utilizar en la PRM:

A continuación se sugieren los métodos, técnicas, maquinaria y equipo necesarios para llevar a cabo las operaciones descritas anteriormente (ver Fig. 3.4.2.4.1).

Operación 1: Entrada de bolsas de envases reciclables.

Método propuesto: Las bolsas de envases reciclables serán colocadas en una tolva por la que pasan a un transportador de cangilones; este transportador lleva los materiales reciclables al área de separación para que las bolsas sean abiertas.

Equipo o maquinaria propuesto: Consiste en el transportador con cangilones y una sección de banda transportadora (sobre la cual operarios abrirían las bolsas).

Operación 2: Remoción de contaminantes mayores.

Método propuesto: Esta remoción se llevará a cabo manualmente sobre la banda transportadora. Los contaminantes separados serán colocados en recipientes especiales colocados a un lado de la línea de transporte.

Se consideran contaminantes mayores aquellos materiales que no forman parte del programa de reciclaje y que vendrían en las bolsas de residuos reciclables como resultado de la desinformación o de la negligencia de participantes en el programa. Entre estos contaminantes mayores podrían estar por ejemplo envases de Tetra-Pak, cajas de cartón, pedazos de madera, etc. Se les ha llamado "contaminantes mayores" porque su tamaño permite su remoción del flujo de materiales reciclables manualmente.

Equipo o maquinaria propuesto: banda transportadora y recipientes necesarios para el almacenamiento de los contaminantes separados del flujo.

Operación 3: Remoción de contaminantes menores.

Método propuesto: Se llevará a cabo por medio de un tamiz vibratorio inclinado, donde los contaminantes de tamaño menor de 2.5 cm caen del flujo mientras el resto de materiales continua su ruta dentro del proceso.

Estos contaminantes menores son, al igual que los mayores, materiales que no debieron incluirse en las bolsas para materiales reciclables. Por su tamaño no es posible su remoción manual por lo que es necesaria esta operación.

Equipo o maquinaria propuesto: Tamiz vibratorio inclinado.

Operación 4: Separación de latas de hojalata.

Método propuesto: Los materiales reciclables mezclados pasan bajo

Fig. 3.4.2.4.1 Diagrama de Proceso PRM

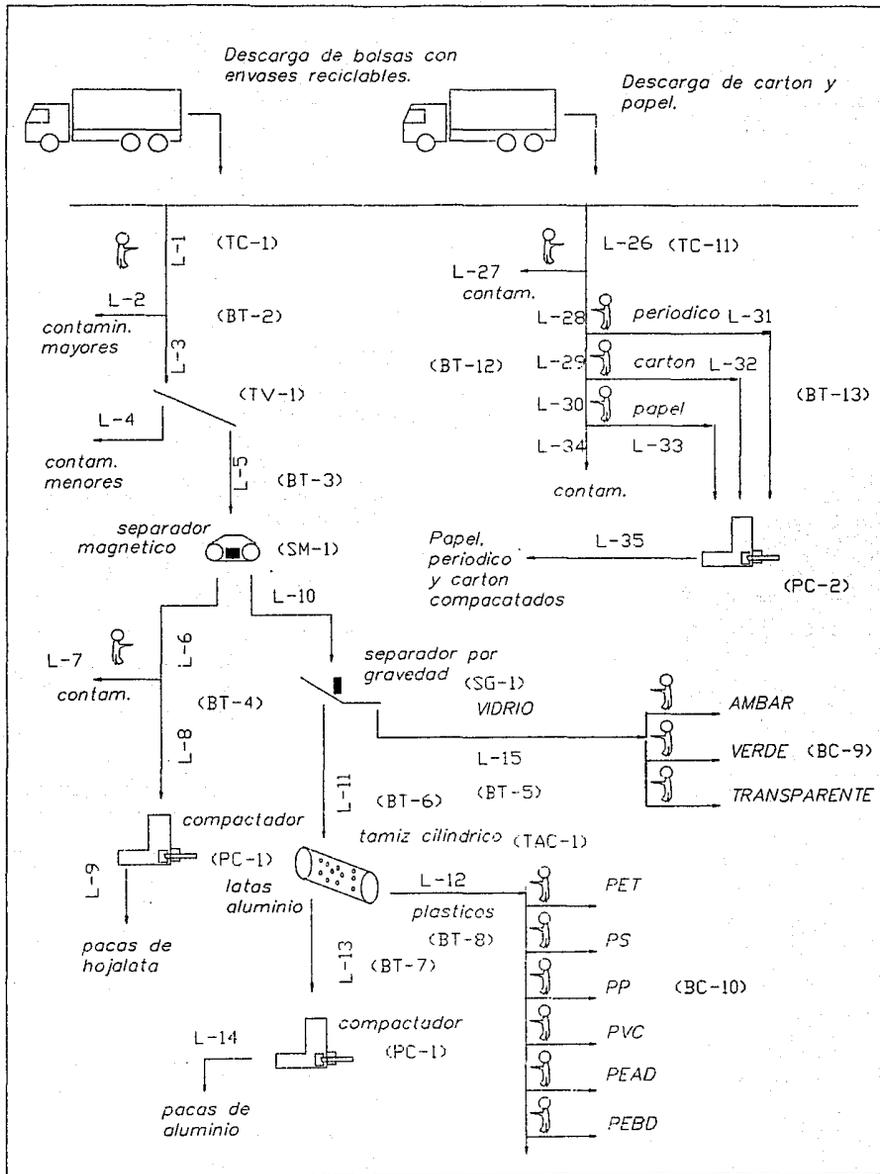
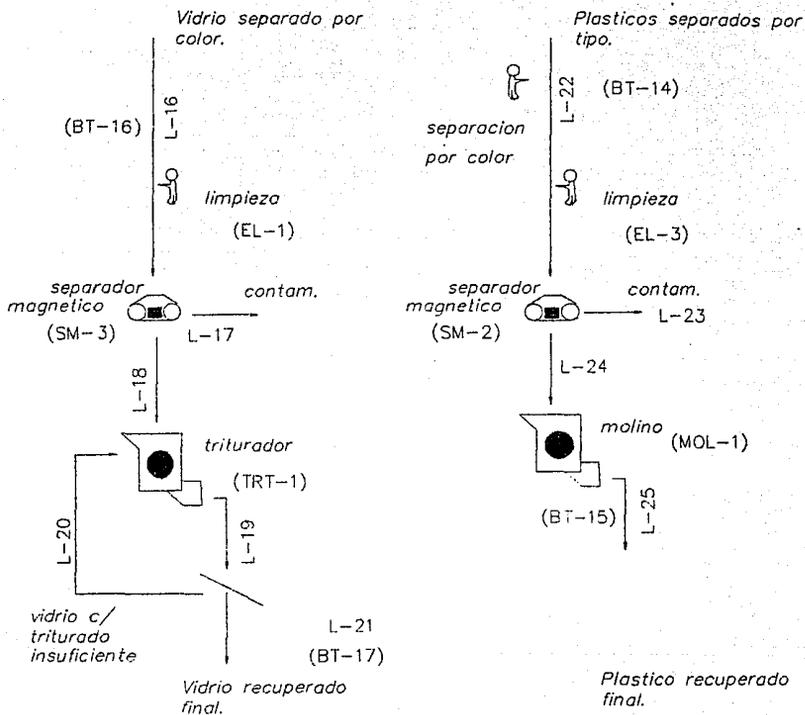


Fig. 3.4.2.4.1 Diagrama de flujo de proceso PRM.  
(Continuacion)



Nota: La clave L-Número hace referencia al flujo de materiales en el proceso, estas claves coinciden con las utilizadas en el Balance de materiales adjunto.  
Los indicadores de los distintos equipos y maquinaria del proceso se indican entre parentesis.

un separador magnético que separará la hojalata y otros materiales ferrosos que aún pudiesen estar en los materiales reciclables.

Equipo o maquinaria propuesto: Separador magnético. Banda transportadora.

Operación 5: Inspección de hojalata.

Método propuesto: La banda citada en la operación 4 transporta la hojalata hacia el área de limpieza de las latas. Sobre esta banda se realiza la inspección retirándose manualmente los contaminantes que aún pudieran existir.

En este caso los contaminantes que se removerían serían otros materiales ferrosos que junto con las latas de hojalata hayan sido separados por el separador magnético.

Equipo o maquinaria propuesto: Recipientes para el depósito de los contaminantes encontrados.

Operación 6: Compactación de las latas de hojalata.

Método propuesto: Por medio de una banda se transportan las latas a la zona de compactación. En esta zona se alimenta un compactador hidráulico y se obtienen las pacas de hojalata.

Equipo o maquinaria propuesto: Banda transportadora. Compactadora con aditamentos necesarios.

Operación 7: Separación por gravedad de plásticos, aluminio y vidrio.

Método propuesto: Separación por gravedad. Consiste en un sistema de bandas. Una de ellas inclinada lateralmente, en el costado inferior de esta banda se coloca una serie de cepillos que impiden el paso de los materiales ligeros (plásticos y aluminio) a la otra banda y permite el de los pesados (vidrio) los cuales son transportados en la otra banda (Ver Figura 3.4.2.4.2).

Equipo o maquinaria propuesto: Separador por gravedad.

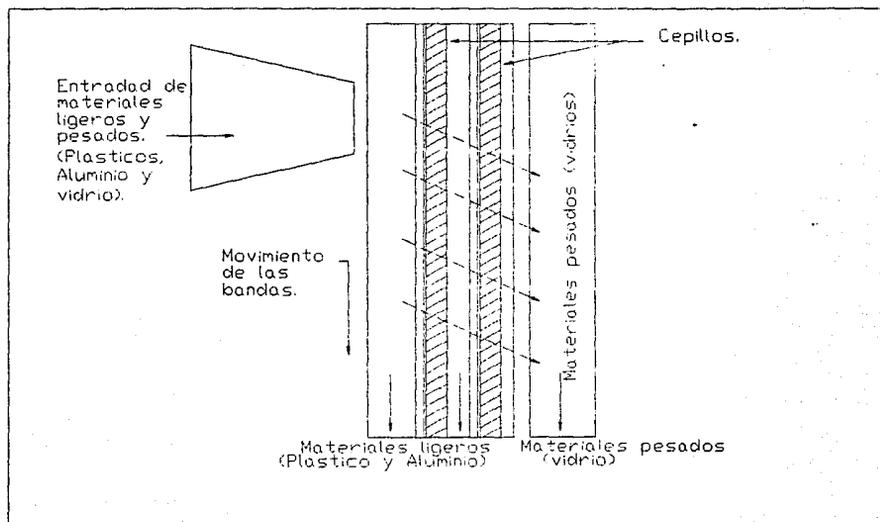
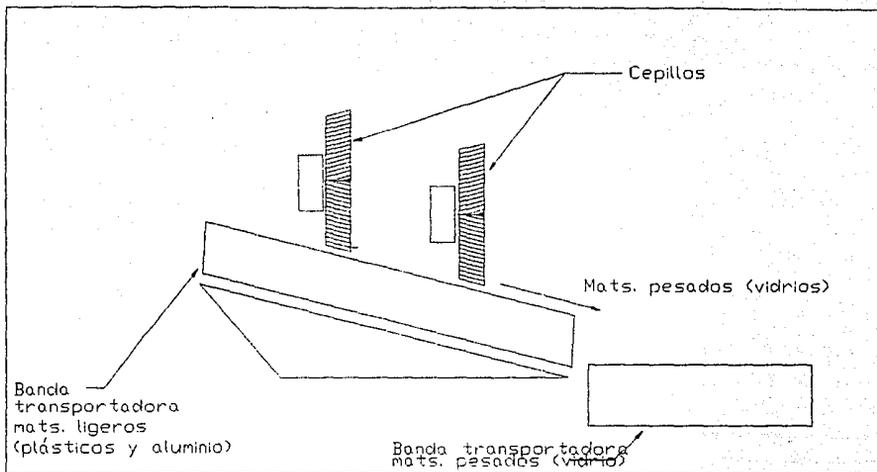
Operación 8: Separación de plásticos y aluminio.

Método propuesto: Los plásticos y el aluminio son separados por tamaños debido a que el aluminio es de un tamaño uniforme (mayoritariamente latas) bien definido. Se utilizará un tamiz cilíndrico, obteniéndose dos fracciones:

- Una de latas de aluminio y plásticos pequeños (es decir del tamaño de las latas de aluminio o menor).

- Otra de plásticos de tamaño mayor al de las latas de aluminio.

Fig. 3.4.2.4.2. Separador por Gravedad.



Cada una de estas fracciones es transportada en bandas separadas paralelas. Operarios supervisan ambas bandas, poniendo los plásticos encontrados en la banda del aluminio en la que transporta plásticos unicamente y viceversa. La banda de plásticos lleva estos materiales a la sección de separación de plásticos y la de aluminio a la de limpieza de aluminio (Ver Figura 3.4.2.4.3).

Equipo o maquinaria propuesto: Tamiz cilíndrico. Dos bandas transportadoras.

Operación 9: Separación por tipo de plásticos.

Método propuesto: Los plásticos provenientes de la operación 8 son transportados a una estación de selección que consiste en un transportador de materiales circular donde operarios seleccionan el plástico según tipo. Este transportador circular presenta la ventaja de que no se necesita la presencia de los operarios sino hasta que haya un volumen significativo de plásticos en la línea. Además permite que el operario que selecciona cierto tipo de plástico tenga tiempo suficiente para llevar a cabo su tarea, pues si no selecciona todo el plástico en la primera vuelta, tendrá oportunidades en las siguientes.

Equipo o maquinaria propuesto: Transportador de materiales circular. Recipientes para cada tipo de plásticos.

Operación 10: Compactación de latas de aluminio.

Método propuesto: Por medio de una banda se transportan las latas a la zona de compactación. En esta zona se alimenta un compactador hidráulico y se obtienen las pacas de aluminio.

Equipo o maquinaria propuesto: Banda transportadora. Compactadora con aditamentos necesarios.

Operación 11: Separación de vidrio por color.

Método propuesto: Se propone un sistema igual al propuesto para la separación de plásticos por tipo.

Equipo o maquinaria propuesto: Transportador de materiales circular. Recipientes para cada color de vidrio.

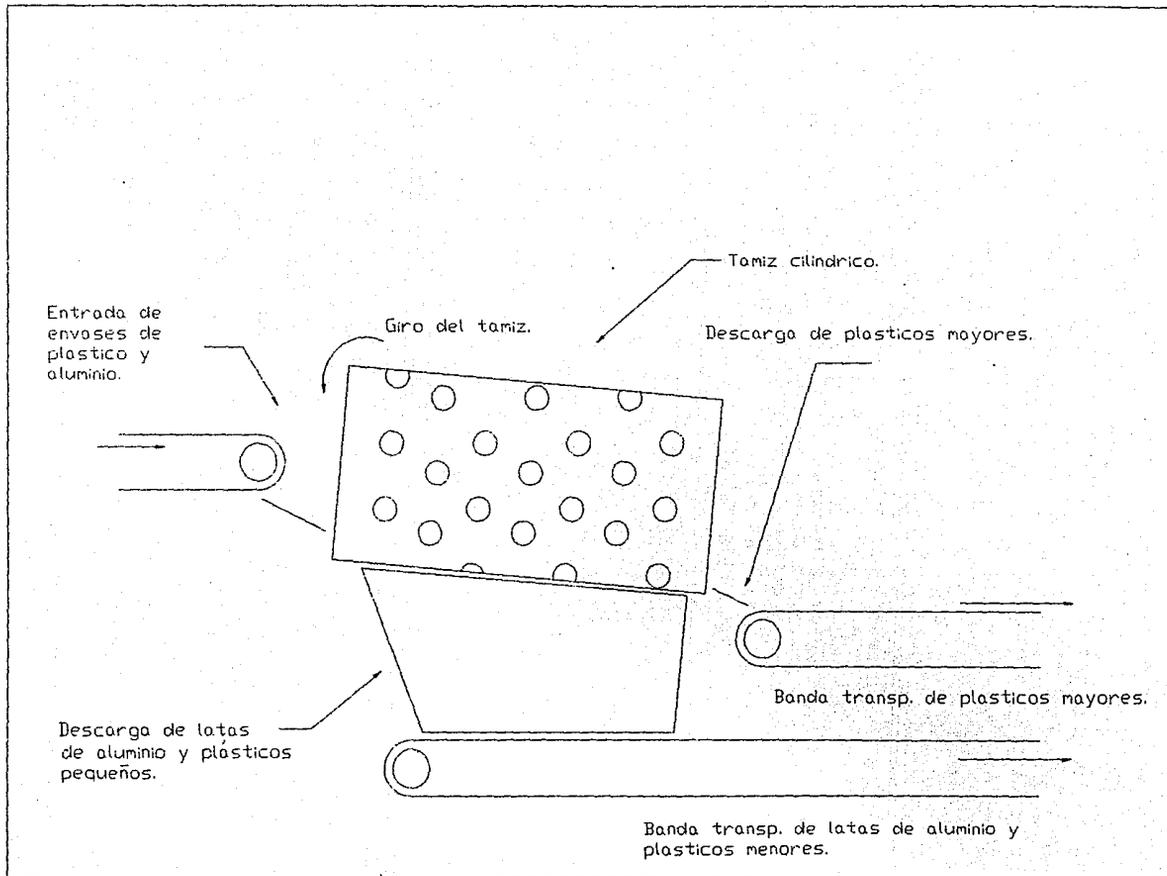
Operación 12: Entrada de vidrios al área de acabado.

Método propuesto: Transportador que lleve los vidrios ya separados por colores al área de acabado de vidrios.

Equipo o maquinaria propuesto: Banda transportadora.

Operación 13: Limpieza de vidrio.

Fig. 3.4.2.4.3. Tamiz cilindrico para separacion de plastico y aluminio.



Método propuesto: El vidrio proveniente de 13 es introducido en una tina de lavado que contiene agua caliente (60-70 C) y detergente. La tina deberá contar con un agitador mecánico para facilitar la limpieza del vidrio. Después de esta etapa el vidrio pasa a otra tina de enjuague donde se remueve el detergente.

Equipo o maquinaria propuesto: Tina de lavado con agitador mecánico.

Operación 14: Separación magnética.

Método propuesto: Por medio de un electroimán se retiran los materiales ferrosos que pudiesen existir aún en el vidrio.

Equipo o maquinaria propuesto: Separador magnético.

Operación 15: Triturado de vidrio.

Método propuesto: El tamaño del vidrio se reducirá mediante la acción de un triturador (Ver Figura 3.4.2.4.4)

Equipo o maquinaria propuesto: Triturador de vidrio.

Operación 16: Tamizado.

Método propuesto: El vidrio triturado pasa a través de tamices, las partes de vidrio que no atraviesen estos tamices serán devueltos al triturador.

Operación 17: Entrada de plásticos al área de acabado de plásticos.

Método propuesto: Transportador que lleve los plásticos ya separados por tipo al área de acabado de plásticos.

Equipo o maquinaria propuesto: Transportador.

Operación 18: Separación por color.

Método propuesto: Operarios seleccionan manualmente el plástico por color en caso de ser necesario.

Equipo o maquinaria propuesto: Transportador propuesto en 17.

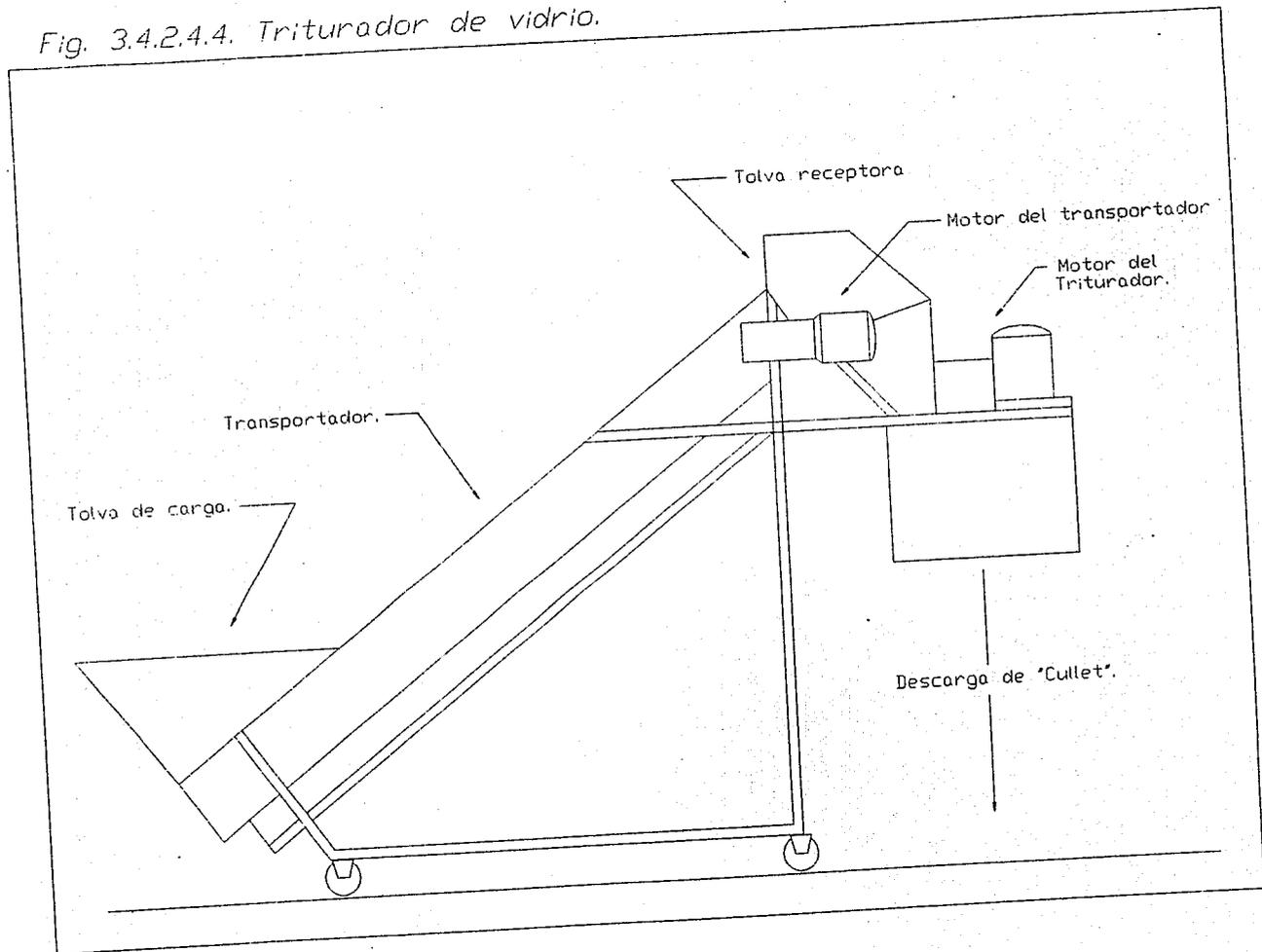
Operación 19: Limpieza de plásticos.

Método propuesto: Lavado con agua igual que para los vidrios, es decir con una etapa de lavado con agua caliente (60-70 C) y detergente, y otra de enjuague.

Equipo o maquinaria propuesto: Tina de lavado con agitador mecánico.

Operación 20: Separación magnética.

Fig. 3.4.2.4.4. Triturador de vidrio.



Método propuesto: Utilización de un separador magnético para dejar el plástico libre de materiales ferrosos.

Equipo o maquinaria propuesto: Separador magnético.

Operación 21: Molienda.

Método propuesto: Molido de plásticos.

Equipo o maquinaria propuesto: Molino de plásticos.

Operación 22: Entrada de cartón, periódico y otros papeles.

Método propuesto: Mediante un transportador al nivel de piso, estos materiales son transportados al área de separación.

Equipo o maquinaria propuesto: Transportador.

Operación 23: Remoción de contaminantes mayores.

Método propuesto: Esta remoción se llevará a cabo manualmente sobre la banda transportadora. Los contaminantes separados serán colocados en recipientes especiales colocados a un lado de la línea de transporte.

Equipo o maquinaria propuesto: banda transportadora y recipientes necesarios para el almacenamiento de los contaminantes separados.

Operación 24: Separación de periódico.

Método propuesto: El periódico es el material que menos hay en el total de papeles en este flujo, por lo que al removerlo antes que los demás se logra una mayor eficiencia del operario, que realiza su función manualmente. El periódico separado es transportado por medio de una banda transportadora al área de compactación.

Equipo o maquinaria propuesto: Banda transportadora.

Operación 25: Separación de cartón.

Método propuesto: Igual que para la separación del periódico.

Equipo o maquinaria propuesto: Banda transportadora.

Operación 26: Separación de otros papeles.

Método propuesto: En la banda transportadora ya no quedará periódico ni cartón, únicamente papeles pertenecientes a los grupos detallados en el estudio de mercado del papel, como revistas, papel bond, etc. Estos son separados por operarios sobre la línea que los colocan en recipientes.

Equipo o maquinaria propuesto: Recipientes para los distintos grupos de papeles.

Operación 27: Compactación.

Método propuesto: Una vez separados los papeles se les compacta y fleja para su posterior almacenamiento.

Equipo o maquinaria propuesto: Compactador hidráulico.

#### 3.4.2.5) Descripción de maquinaria y equipo propuesto <sup>1</sup>.

A continuación se describe la maquinaria y equipo que se propone para la Planta Recuperadora de Materiales. Las características indicadas son generales, un estudio de ingeniería de detalle definiría dichas características de forma más profunda, sin embargo, dicho estudio queda fuera del alcance de este estudio de factibilidad.

##### 3.4.2.5.1) Maquinaria y equipo propuesto para la línea 1.

Transporte <sup>2</sup>:

- Transportador de cangilones (TC-1). Para entrada de materiales a línea 1. Transportará 5 tons/hr de envases mezclados. Longitud aproximada 5 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 1,500 W.

- Banda transportadora (BT-2). Para remoción de contaminantes mayores. Transportará 5 tons/hr de envases mezclados. Longitud aproximada 4 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

Notas:

1) Las características del equipo y maquinaria aquí mencionados fueron propuestos en base a recomendaciones de fabricantes y distribuidores de los mismos. Las capacidades de estos equipos se establecieron en base al balance de materiales que se muestra posteriormente, las cantidades en ese balance han sido redondeadas para facilitar su manejo.

2) Se considera que todas las bandas transportadoras trabajan a una velocidad de 15 m/min. Pues según "The McGraw-Hill Recycling Handbook" esta es una velocidad apropiada para que los operarios puedan realizar la selección de los materiales adecuadamente. También se recomienda que las bandas utilizadas sean de hule. La longitud de las bandas donde se realiza alguna selección de materiales se calculó en base al número de operarios que trabajarían sobre dicha banda.

La capacidad por operario para la selección de materiales es:

Operario	Capacidad (Kg/hr)
seleccionador vidrio	400
seleccionador plástico	250
seleccionador cartón	400

y papel

- Banda transportadora (BT-3) . Para llevar los envases mezclados del tamiz vibratorio al separador por gravedad pasando por el magnético. Transportará 4.5 tons/hr de envases mezclados. Longitud aproximada 6 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

- Banda transportadora (BT-4) para llevar la hojalata separada hasta el área de compactación. Transportará 0.4 tons/hr de envases de hojalata. Longitud aproximada 5 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

- Banda transportadora (BT-5) para llevar vidrio saliente del separador por gravedad y lo lleva a la banda circular para su selección por color. Transportará 2.5 tons/hr de envases de vidrio. Longitud aproximada 3 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

- Banda transportadora (BT-6) para llevar aluminio y plásticos que vienen del separador por gravedad y los llevan al tamiz cilíndrico. Transportará 2 tons/hr de envases de plástico y aluminio. Longitud aproximada 3 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

- Banda transportadora (BT-7) para aluminio saliente del tamiz cilíndrico y lo lleva al área de compactación. Transportará 1 ton/hr de aluminio. Longitud aproximada 3 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

- Banda transportadora (BT-8). Para llevar plástico del separador por gravedad a la banda circular para su selección por tipo. Transportará 1 tons/hr. Longitud aproximada 3 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

- Banda circular (BC-9) para la selección de vidrio por colores. Transportará 2.5 tons/hr de envases de vidrio. Longitud aproximada 10 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

- Banda circular (BC-10). Para la selección de plástico por tipo. Transportará 1 ton/hr de envases de plásticos. Longitud aproximada 8 mts, ancho 1.5 mts. Motor eléctrico de 750 W.

#### Separación:

- Tamiz vibratorio (TV-1). Utilizado para la remoción de contaminantes menores. Manejará 5 Tons/hr de envases reciclables mezclados. Utilizará un motor de 1,500 W. Dimensiones: 1 m. de ancho por 2 de largo. Este tamiz tendrá orificios de 2.5 cm. de diámetro para permitir la remoción de los materiales contaminantes menores.

- Separador magnético (SM-1). Para remover la hojalata de los envases mezclados (0.5 Tons/hr). Funcionamiento a base de electroimán con banda para transportar la hojalata separada. Potencia aproximada del electroimán: 3,500 W. Se requiere también un motor de 400 W para el movimiento de la banda.

Dimensiones: 1m ancho por 1.15m largo por 0.4m de altura.

- Separador por gravedad (SG-1). Para separación de plástico y aluminio del vidrio. Manejará un total de 4.5 Tons/hr. Formado por una banda inclinada y otra horizontal, sistema de cepillos para la separación y motor de 750 W. Dimensiones: 2.5m por 5m por 1.5m.

- Tamiz cilíndrico (TAC-1). Preseparación de aluminio y plásticos. Manejará 2 Tons/hr. de envases de plásticos y aluminio mezclados. Requiere de un motor de 750 W. Las dimensiones son: 2m de largo, 1m de diámetro nominal. Girará a una velocidad aproximada de 20 RPM. El ángulo de inclinación propuesto para este tipo de tamices es de 5 grados. Tendrá orificios de 10 cms. a lo largo del cuerpo cilíndrico.

#### Compactación.

- Prensa hidráulica para la compactación de latas de aluminio y hojalata (PC-1). Debe compactar 4 Ton/hr de aluminio y hojalata. Equipo con expulsión de pacas automática, producción en pacas: 6 por hora de las características requeridas. Producción necesaria: 1 paca de aluminio por hr. y 3 de hojalata. Motor requerido de 30,000 W. Fuerza de la prensa: 100 Tons.

3.4.2.5.2) Maquinaria y equipo propuesto para la línea 2.

#### Transporte:

- Banda transportadora (BT-16) para llevar vidrio separado por color al área de acabado de vidrios. Manejará 2.5 Tons/hr. Dimensiones: largo 3m, ancho 1.5m. Motor de 750 W.

- Banda transportadora (BT-17) para llevar vidrio triturado (cullet) al área de disposición final. Longitud aprox. 6m , ancho de 1.5m. Motor de 750 W.

#### Limpieza.

- Equipo de lavado con agua (El-1) para limpieza de envases de vidrio. Consiste en dos tinas, una de lavado y otra de enjuague. Las dimensiones necesarias de cada tina son:

Tina de agua con detergente: 1.5m de ancho, 0.7m de largo y 1.7m de alto.

Tina de enjuague: 1.5m de ancho, 0.4m de largo y 1.2m de alto.

Ambas requieren de un agitador mecánico de 400 W. El lavado se llevará a cabo con agua caliente (60-70 C) y detergente en ciclos de 5 minutos, posteriormente serán enjuagados los envases en otro ciclo de 2 minutos con agua a temperatura ambiente. Para el lavado con detergente se requieren de 0.875 m<sup>3</sup>/hr de agua caliente, mientras que para el enjuague se requieren 1.05 m<sup>3</sup>/hr.

Triturado.

- Separador magnético (SM-3). Para remover materiales ferrosos de los envases de vidrio. Igual al descrito en SM-1. Potencia aproximada de 2,000 W.

- Triturador de vidrio (TRT-1) para triturar el vidrio separado. Capacidad de 2.5 Tons/hr, motor de 1,500 W. Funcionamiento a partir de cuchillas rotatorias. Las dimensiones de este triturador son: 2.5m de ancho por 1.7m de largo y 2.5 m de alto.

3.4.2.5.3) Maquinaria y equipo propuesto para la línea 3.

Transporte:

- Banda transportadora (BT-14) para llevar plásticos separados por tipo al área de acabado de plásticos. Manejará 1 Ton/hr. Longitud de 3m, ancho de 1.5 m. Motor de 750 W.

- Banda transportadora (BT-15) para llevar plástico molido saliente del molino y llevarlo al lugar de disposición final. Manejará 1 Tons/hr. Longitud de 6m, ancho de 1.5 m. Motor de 750 W.

Limpieza.

- Equipo de lavado con agua (EL-2) para limpieza de envases de plástico. Funcionamiento igual a (EL-1).

Las dimensiones necesarias para las tinas son:

Tina de agua con detergente: 1.5m de ancho, 4.2m de largo y 1.7m de alto.

Tina de enjuague: 1.5m de ancho, 1.7m de largo y 1.7m de alto.

Ambas requieren de un agitador mecánico de 400 W. El lavado se llevará a cabo con agua caliente (60-70 C) y detergente en ciclos de 5 minutos, posteriormente serán enjuagados los envases en otro ciclo de 2 minutos con agua a temperatura ambiente. Para el lavado con detergente se requieren de 4.7 m<sup>3</sup>/hr de agua caliente, mientras que para el enjuague se requieren 5.6 m<sup>3</sup>/Hr.

Molienda.

- Separador magnético (SM-2). Para remover materiales ferrosos del plástico. Funcionamiento igual al descrito en SM-1. Potencia aproximada de 2,000 W.

- Molino para plásticos (MOL-1). Se molerán 1.0 tons/hr. de plásticos. Este equipo tiene un motor de 45,000 W. Las dimensiones del molino son: 2.5m por 1.5m por 2.5m.

#### 3.4.2.5.4) Maquinaria y equipo propuesto para la línea 4.

##### Transporte:

- Transportador de cangilones (TC-11). Para manejar 6 Tons/hr de periódico, cartón y otros papeles. Longitud aprox. 5 mts. Ancho 1.5 mts. Motor de 1500 W.

- Banda transportadora (BT-12) para llevar los materiales de esta línea a través de las etapas de selección. Manejará 6 Tons/hr. Motor eléctrico de 750 W. Longitud 15 mts y ancho de 1.5 m.

- Banda transportadora (BT-13) para llevar los materiales de esta línea ya seleccionados al área de compactación. Manejará 6 Tons/hr. Motor eléctrico de 750 W. Longitud 15 mts y ancho de 1.5 m.

##### Compactación.

- Prensa hidráulica para la compactación de cartón, periódico y otros papeles (PC-2). Es necesario que compacte 7.2 Ton/hr de los materiales anteriores. Equipo con expulsión de pacas automática, producción en pacas: 6 por hora de las características requeridas. Motor de 30,000 W. Fuerza de la prensa: 40 Tons. Unidades requeridas 2. Dimensiones del equipo 3.5 m por 5m por 2m.

#### 3.4.2.5.5) Equipo de agua caliente.

Los equipos de lavado EL-1 y EL-2 juntos requieren de 5.5 m<sup>3</sup>/hr de agua caliente a 60-70 C., para proporcionar esa cantidad de agua a esa temperatura se propone la utilización de un calentador industrial (caldereta) de las siguientes características:

Capacidad: 5 m<sup>3</sup>/hr.

Temperatura máxima de calentamiento de agua: 85 C.

Consumo de gas L.P.: 50 litros/hr.

Potencia del motor: 400 Watts.

#### 3.4.2.5.6) Tratamiento de agua proveniente de los equipos de lavado:

Los principales contaminantes con los que contaría el agua proveniente del lavado de los envases de plástico y de vidrio serían:

- Residuos alimenticios.
- Detergente.
- Aceites y grasas.
- Sólidos como etiquetas de papel, tierra, etc.

Para poder reutilizar el agua en la etapa de lavado es necesaria la remoción de estos contaminantes. La planta de

tratamiento deberá incluir las siguientes etapas:

- Sedimentación primaria:

En esta etapa se recibe el agua proveniente de los equipos de lavado, en una sección provista de un sistema de "rastras" se sedimentan los sólidos contenidos en el agua.

- Espumación:

Después de la sedimentación primaria el agua pasa a una sección donde por acción de aire se genera espuma en la superficie, dicha espuma es retenida mientras el agua sigue a las siguientes etapas del proceso, con lo cual se elimina gran parte del detergente contenido en la misma.

- Remoción de aceites y grasas:

Debido a que las grasas y aceites comúnmente forman "natas" en la superficie del agua, con la utilización de un desnatador estas se remueven fácilmente de la superficie del agua y son transferidas a un depósito aparte.

- Tratamiento biológico:

La materia orgánica contenida en el agua es eliminada por medio de la acción de microorganismos que la convierte en "lodos", los cuales son retirados posteriormente por sedimentación.

- Sedimentación secundaria:

En esta etapa son retirados en su totalidad los lodos contenidos en el agua como resultado de la etapa anterior, para esta etapa es utilizado nuevamente un sistema de rastras que retiran los lodos floculados.

- Cloración:

En esta etapa se agrega cloro al agua tratada para eliminar bacterias y otros organismos patógenos.

- Almacenamiento final:

El agua tratada es almacenada en un tanque de donde esta nuevamente disponible para ser reutilizada en el proceso de lavado de envases. Previo a este almacenaje se puede incluir aún una etapa de filtrado para asegurar la calidad del agua.

El volumen de agua a tratar es aproximadamente 14 m<sup>3</sup>/hr. Las dimensiones para un equipo de esta capacidad son de aprox. 10m de largo por 5m de ancho y 3m de altura. El consumo aproximado de energía eléctrica es de 15 Kw, necesitando un operario para la utilización y mantenimiento de la planta.

Tabla 3.4.2.6) Relación de mano de obra y servicios auxiliares y condensado de maquinaria y equipo.

1. Sistema de recolección de residuos.

Clave:	Maquinaria o Equipo:	Capacidad [m <sup>3</sup> ]	Potencia [Hp]	Cantidad	Mano de obra [operarios]
CAM-01	Camión recillas grande.	30	170	20	20
SUB-TOTAL:				20	20

2. Transporte de materiales PRM

Clave:	Maquinaria o Equipo:	Tons/hr	m <sup>3</sup> /hr	Ancho [m]	Largo [m]	Velocidad [m/min]	Motor [W]	Mano de obr [operarios]
TC-1	Transportador cangilones	4.76	103.09	1.5	5	15.24	1500	2
BT-2	Banda transportadora.	4.76	103.09	1.5	4	15.24	750	1
BT-3	Banda transportadora.	4.53	101.86	1.5	6	15.24	750	0
BT-4	Banda transportadora.	0.4	4.47	1.5	5	15.24	750	1
BT-5	Banda transportadora.	2.12	5.96	1.5	3	15.24	750	0
BT-6	Banda transportadora.	2.01	91.44	1.5	3	15.24	750	0
BT-7*	Banda transportadora.	0.97	32.59	1.5	3	15.24	750	1
BT-8	Banda transportadora.	1.05	58.85	1.5	3	15.24	750	1
EC-9*	Banda circular.	2.12	5.96	1.5	10	15.24	750	5
EC-10*	Banda circular.	1.05	58.85	1.5	8	15.24	750	4
TC-11	Transportador cangilones.	5.9	44	1.5	5	15.24	1500	2
BT-12*	Banda transportadora.	5.9	44	1.5	15	15.24	750	15
BT-13	Banda transportadora.	5.62	9.44	1.5	15	15.24	750	0
BT-14	Banda transportadora.	1.05	58.85	1.5	3	15.24	750	2
BT-15	Banda transportadora.	1.05	2.35	1.5	6	15.24	750	0
BT-16	Banda transportadora.	2.12	5.96	1.5	3	15.24	750	2
BT-17	Banda transportadora.	2.12	1.99	1.5	6	15.24	750	0
SUB-TOTAL:				109	14,250.00	36		

Tabla 3.4.2.6. (Continuación)

3. Separación, densificación, limpieza y proceso.

Clave:	Maquinaria o Equipo:	Ancho [m]	Largo [m]	H [m]	Energía [W]	Agua [m <sup>3</sup> /hr]	Capacidad [Tons/hr]	unidades [#]	Mano de obra. [operarios]
TV-1	Tamiz vibratorio		1	2	1,500.00		5	1	0
SM-1	Separador magnetico		1	1.15	0.4	3,900.00	0.5	1	0
SM-2	Separador magnetico		1	1.15	0.4	2,400.00	0.1	1	0
SM-3	Separador magnetico		1	1.15	0.4	2,400.00	0.1	1	0
SG-1	Separador gravedad		2.5	5	1.5	750.00	4.5	1	0
TAC-1	Tamiz cilindrico	diam: 1	2	diam: 1	750.00		2	1	0
EL-1	Equipo de lavado	1.5	1.5	1.7	800.00	1.93	2.5	1	1
EL-2	Equipo de lavado	1.5	6	1.7	800.00	10.30	1	1	1
PC-1	Prensa compactacion	3.5	5	2	30,000.00		4	1	2
PC-2	Prensa compactacion	3.5	5	2	30,000.00		7.2	2	4
MOL-1	Molino plasticos	2.5	1.7	3	45,000.00		1	1	1
TRT-1	Friturador vidrio	2.5	1.7	3	1,500.00		2.5	1	1
SUB-TOTAL:					119,800.00		12.225		10

TOTAL MANO DE OBRA [OPERARIOS]: 66  
 TOTAL ENERGIA EL. [W]: 134,050.00  
 TOTAL AGUA [M<sup>3</sup>/HR]: 12.23

\*Nota: El no. de operarios en las bandas BT-7, BC-9, BC-10 y BT-12 fue determinado a partir de las capacidades sugeridas por "THE MCGRAW-HILL RECYCLING HANDBOOK" de los operarios dedicados a la selección de distintos materiales, que son:

OPERARIO	CAPACIDAD [kg/hr]
seleccionador de vidrio	400
seleccionador de plásticos	250
seleccionador de cartón y papel	400

TABLA 3.4.2.1. BALANCE DE MATERIALES

[EN HRS]

HRS. TRABAJO/DIA = 8 Hrs.

COMP.\LINEA	1	2	3	4	5	6	7*	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17*	18	19	20*	21	
LATA ALUMINIO	0.97		0.97		0.97					0.97	0.97		0.97	0.97								
PLASTICOS TOT.																						
PEBD	0.06		0.06		0.06					0.06	0.06	0.06										
PEAD	0.53		0.53		0.53					0.53	0.53	0.53										
PP	0.04		0.04		0.04					0.04	0.04	0.04										
PVC	0.13		0.13		0.13					0.13	0.13	0.13										
PET	0.05		0.05		0.05					0.05	0.05	0.05										
PS	0.19		0.19		0.19					0.19	0.19	0.19										
OTROS	0.05		0.05		0.05					0.05	0.05	0.05										
VIDRIO TRANS.	1.28		1.28		1.28					1.28					1.28	1.28		1.28	1.28		1.28	
VIDRIO COL.	0.84		0.84		0.84					0.84					0.84	0.84		0.84	0.84		0.84	
LATA HOJALATA	0.40		0.40		0.40	0.40		0.40	0.40													
PERIODICO																						
PAPEL BOND																						
CARTON																						
CONTAMINANTES	0.23	0.18		0.05	0.05																	
TONS/LINEA	4.76	0.18	4.58	0.05	4.53	0.40	0.00	0.40	0.40	4.14	2.01	1.05	0.97	0.97	2.12	2.12	0.00	2.12	2.12	0.00	2.12	
M3/LINEA	103.09	0.98	102.11	0.25	101.86	4.47	0.00	4.47	1.03	97.40	91.44	58.85	32.59	2.51	5.96	5.96	0.00	5.96	1.99	0.00	1.99	

TABLA 3.4.2.1. BALANCE DE MATERIALES

TABLA 3.4.2.1. BALANCE DE MATERIALES

[ EN HRS ]

HRS. TRABAJO/DIA = 8 Hrs.

COMP./LINEA	1	2	3	4	5	6	7*	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17*	18	19	20*	21	
LATA ALUMINIO	0.97		0.97		0.97					0.97	0.97		0.97	0.97								
PLASTICOS TOT.																						
PEBD	0.06		0.06		0.06					0.06	0.06	0.06										
PEAD	0.53		0.53		0.53					0.53	0.53	0.53										
PP	0.04		0.04		0.04					0.04	0.04	0.04										
PVC	0.13		0.13		0.13					0.13	0.13	0.13										
PET	0.05		0.05		0.05					0.05	0.05	0.05										
PS	0.19		0.19		0.19					0.19	0.19	0.19										
OTROS	0.05		0.05		0.05					0.05	0.05	0.05										
VIDRIO TRANS.	1.28		1.28		1.28					1.28					1.28	1.28		1.28	1.28		1.28	
VIDRIO COL.	0.84		0.84		0.84					0.84					0.84	0.84		0.84	0.84		0.84	
LATA HOJALATA	0.40		0.40		0.40	0.40		0.40	0.40													
PERIODICO																						
PAPEL BOND																						
CARTON																						
CONTAMINANTES	0.23	0.18		0.05	0.05																	
TONS./LINEA	4.76	0.18	4.58	0.05	4.53	0.40	0.00	0.40	0.40	4.14	2.01	1.05	0.97	0.97	2.12	2.12	0.00	2.12	2.12	0.00	2.12	
M3/LINEA	103.09	0.98	102.11	0.25	101.86	4.47	0.00	4.47	1.03	97.40	91.44	58.85	32.59	2.51	5.96	5.96	0.00	5.96	1.99	0.00	1.99	

TABLA 3.4.2.4.1. BALANCE DE MATERIALES (CONTINUACION).

[EN HRS]

HRS. TRABAJO/DIA = 8 Hrs.

COMP. \ LINEA	22	23*	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
LATA ALUMINIO																
PLASTICOS TOT.																
PEBD	0.06		0.06	0.06												
PEAD	0.53		0.53	0.53												
PP	0.04		0.04	0.04												
PVC	0.13		0.13	0.13												
PET	0.05		0.05	0.05												
PS	0.19		0.19	0.19												
OTROS	0.05		0.05	0.05												
VIDRIO TRANS.																
VIDRIO COL.																
LATA HOJALATA																
PERIODICO					1.57		1.57			1.57				1.57		
PAPEL BOND					0.88		0.88		0.88	0.88		0.88		0.88		
CARTON					3.17		3.17		3.17		3.17			3.17		
CONTAMINANTES					0.28	0.22	0.06		0.28	0.28				0.28		
TONS/LINEA	1.05	0.00	1.05	1.05	5.90	0.22	5.67		4.32	1.16	1.57		3.17	0.88	0.28	5.62
M3/LINEA	58.85	0.00	58.85	2.35	44.00	1.21	42.79		39.57	3.97	4.41		35.60	2.47	1.50	9.44

TABLA 3.4.2.4.1. BALANCE DE MATERIALES (CONTINUACION).

TABLA 3.4.2.4.1. BALANCE DE MATERIALES (CONTINUACION).

[EN MRS]

MRS. TRABAJO/DIA = 8 Hrs.

COMP.\LINEA	22	23 <sup>a</sup>	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
-------------	----	-----------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

LATA ALUMINIO

PLASTICOS TOR.

PEBD	0.06		0.06	0.06										
PEAD	0.53		0.53	0.53										
PP	0.04		0.04	0.04										
PVC	0.13		0.13	0.13										
PET	0.05		0.05	0.05										
PS	0.19		0.19	0.19										
OTROS	0.05		0.05	0.05										

VIDRIO TRANS.

VIDRIO COL.

LATA HOJALATA

PERIODICO				1.57		1.57			1.57					1.57
PAPEL BOND	0.88		0.88	0.88	0.88	0.88	0.88				0.88		0.88	0.88
CARTON	3.17		3.17	3.17	3.17	3.17					3.17		3.17	3.17
CONTAMINANTES			0.28	0.22	0.06	0.28	0.28						0.28	

TONS/LINEA	1.05	0.00	1.05	1.05	5.90	0.22	5.67	4.32	1.16	1.57	3.17	0.88	0.28	5.62
M3/LINEA	58.85	0.00	58.85	2.35	44.00	1.21	42.79	39.57	3.97	4.41	35.60	2.47	1.50	9.44

### 3.4.2.6) Estructura de la empresa y personal requerido en el SMRS.

Se ha considerado dividir la empresa en Direcciones para la delimitación de actividades y responsabilidades dentro de la misma, las Direcciones propuestas son las siguientes:

- Dirección General.
- Dirección Administrativa.
- Dirección Técnica.
- Dirección de Ventas.

A continuación se describen las actividades principales de cada una de estas Direcciones, así como el personal propuesto para cada una de ellas (ver Fig. 3.4.2.6).

#### - Dirección General:

Esta Dirección se encarga del manejo general de la empresa y la coordinación de las demás Direcciones, sirve de enlace con organismos exteriores al SMRS tales como el DDF p.e. Esta Dirección es la encargada de establecer los objetivos y políticas generales de la empresa.

Dentro de esta Dirección se requiere de un Director General y de una secretaria.

#### - Dirección Técnica:

Interviene en los aspectos técnicos del SMRS, tales como: dirección y control de la producción, mantenimiento de maquinaria, equipo e instalaciones, manejo de almacenes, supervisión y control del sistema de recolección de residuos reciclables, etc.

Esta Dirección supervisa y coordina el desempeño del personal involucrado en la recolección de los residuos y también el de la mano de obra directa empleada en la PRM. Los empleados requeridos para estos dos aspectos son los siguientes (ver tabla 3.4.2.6):

Recolección de los residuos reciclables: 20 operarios de camiones.

Mano de obra directa en la PRM: 46 empleados entre operarios de equipos y seleccionadores de materiales.

Dentro de la Dirección Técnica se sugiere el siguiente personal:

Un Director Técnico.

Cuatro supervisores de producción (uno por línea de producción).

Un supervisor del sistema de recolección.

Un encargado de mantenimiento.

Dos encargados de almacen.

- Dirección administrativa:

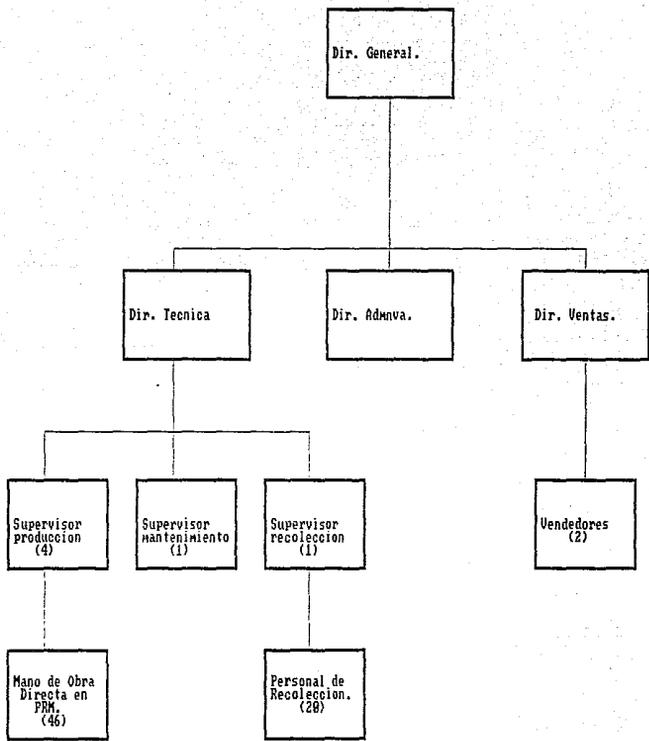
Las responsabilidades principales de esta Dirección son la contabilidad de la empresa, la realización de los pagos de la misma y la contratación de personal entre otras.

Para esta Dirección se propone un Director Administrativo y una secretaria.

- Dirección de Ventas:

La Dirección de Ventas se encarga de la distribución y venta de los productos terminados resultantes del SMRS. Dentro de esta Dirección se sugieren dos vendedores.

Fig. 3.4.2.6. Organigrama del SMRS.



### 3.5) Análisis económico-financiero.

En esta sección se define la inversión fija y el capital de trabajo necesarios para la puesta en marcha y operación del sistema de reciclaje. Posteriormente se realiza un análisis de costos y punto de equilibrio, y se realizan algunos estados financieros proforma. Finalmente se efectuará la evaluación económica del proyecto.

#### 3.5.1) Estimación de la inversión fija y el capital de trabajo.

##### 3.5.1.1) Inversión fija.

La inversión requerida para este proyecto se puede dividir en dos partes:

- La inversión necesaria para los vehículos recolectores.

La inversión necesaria para los equipos de recolección se estima directamente del costo de adquisición de los camiones propuestos.

- La inversión necesaria para la Planta Recuperadora de Materiales.

La inversión fija para la PRM esta compuesta por los siguientes rubros principales:

Maquinaria y equipo.

Terreno y construcción.

Instalaciones eléctricas y de tratamiento de agua.

Transportes, seguros e impuestos.

Instrumentación.

Servicios auxiliares e implementos.

Imprevistos.

La inversión necesaria para los rubros de maquinaria y equipo, terreno y construcción e instalaciones eléctricas y de tratamiento de agua, será calculada de acuerdo a cotizaciones basadas en los datos técnicos mencionados en "Ingeniería de proyecto" respecto a las características de la planta.

La inversión para cubrir los demás rubros será estimada mediante la utilización de porcentajes predefinidos aplicados al valor de adquisición de la maquinaria y equipo de la PRM.

3.5.1.1.1) Inversión fija equipo de recolección.

En la siguiente tabla se presenta la estimación de la inversión necesaria para la adquisición del equipo de recolección.

Tabla 3.5.1.1) Inversión en equipo de recolección:

Clave: Maquinaria o Equipo:	Costo Un <sup>1</sup> [N\$]	Cantidad <sup>2</sup>	TOTAL [N\$]
CAM-1 Camión redilas grande	120,000.00	20.00	2,400,000.00

Inversión fija equipo de recolección: 2,400,000.00[N\$]

1) El costo de adquisición de este tipo de camión fue tomado de "Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México". DDF 1992

2) La cantidad de camiones requeridos y las características técnicas de estos son las mencionadas en "Ingeniería de proyecto".

3.5.1.1.2) Inversión fija Planta Recuperadora de Materiales.

A continuación se presenta la estimación de la inversión necesaria en maquinaria y equipo principal de proceso<sup>1</sup>.

Tabla 3.5.1.2) Inversión en maquinaria y equipo.

- Transporte.		Costo Un.	Cantidad	TOTALES
Clave: Maquinaria o Equipo:		[N\$]		[N\$]
TC-1	Transportador cangilones	16,661.25	1	16,661.25
BT-2	Banda transportadora.	13,805.25	1	13,805.25
BT-3	Banda transportadora.	19,402.19	1	19,402.19
BT-4	Banda transportadora.	14,480.11	1	14,480.11
BT-5	Banda transportadora.	9,628.56	1	9,628.56
BT-6	Banda transportadora.	9,573.53	1	9,573.53
BT-7	Banda transportadora.	14,765.25	1	14,765.25
BT-8	Banda transportadora.	9,093.28	1	9,093.28
BC-9	Banda circular.	29,620.56	1	29,620.56
BC-10	Banda circular.	23,373.28	1	23,373.28
TC-11	Transportador cangilones.	17,231.55	1	17,231.55
BT-12	Banda transportadora.	45,791.55	1	45,791.55
BT-13	Banda transportadora.	45,651.48	1	45,651.48
BT-14	Banda transportadora.	14,805.28	1	14,805.28
BT-15	Banda transportadora.	17,661.28	1	17,661.28
BT-16	Banda transportadora.	15,340.56	1	15,340.56
BT-17	Banda transportadora.	18,196.56	1	18,196.56
SUB-TOTAL:			335,081.49	[N\$]
- Separación, compactación, limpieza y proceso.				
Clave: Maquinaria o Equipo:		Costo Un.	Cantidad	TOTALES
		[N\$]		[N\$]
TV-1	Tamiz vibratorio	18,400.00	1	18,400.00
SM-1	Separador magnético	33,000.00	1	33,000.00
SM-2	Separador magnético	11,000.00	1	11,000.00
SM-3	Separador magnético	11,000.00	1	11,000.00
SG-1	Separador gravitación	30,000.00	1	30,000.00
TAC-1	Tamiz cilindrico	18,400.00	1	18,400.00
EL-1	Equipo de lavado	22,000.00	1	22,000.00
EL-2	Equipo de lavado	33,000.00	1	33,000.00
PC-1	Prensa compactación	220,000.00	1	220,000.00
PC-2	Prensa compactación	150,000.00	2	300,000.00
MOL-1	Molino plásticos	103,000.00	1	103,000.00
TRT-1	Triturador vidrio	56,100.00	1	56,100.00
SUB-TOTAL:			855,900.00	[N\$]
TOTAL INVERSION EQUIPOS (PRM):			1,190,981.49	[N\$]

<sup>1</sup>): Valores de adquisición de los distintos equipos según distintos fabricantes y distribuidores. Las características de estos equipos son las mencionadas en "Ingeniería de Proyecto".

La inversión requerida en terreno y construcción se estima en la siguiente tabla.

Tabla 3.5.1.3) Inversión en terreno y construcción.

Concepto	Cantidad [m2]	Precio unitario [N\$/m2]	Total [N\$]
Terreno <sup>1</sup>	10,200.00	704.00	7,180,800.00
Nave industrial <sup>2</sup>	6,000.00	400.00	2,400,000.00
Oficinas y servicios <sup>2</sup>	120.00	1,001.00	120,120.00
Inversión en terreno y construcción:			<u>9,700,920.00</u>

La inversión en instalaciones eléctricas es la siguiente.

Tabla 3.5.1.4) Inversión en instalaciones eléctricas<sup>3</sup>.

Concepto	Cantidad [Lote]	Precio unitario [N\$/Lote]	Total [N\$]
Subestación eléctrica que incluye: Transformador 250 KVA, cuchillas, fusibles, interruptores y tableros necesarios.	1	80,840.00	80,840.00
Tubería, cableado y demás implementos necesarios.	1	40,000.00	40,000.00
Inversión en instalaciones eléctricas			<u>120,840.00</u>

1) Precio por m2 del terreno tomado del terreno en la Delegación tomado del "Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México". DDF 1992

2) Precio de construcción por m2 tomado del "Boletín informativo de la construcción", Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, Enero 1994.

3) Estimación según distintos fabricantes y distribuidores de equipo eléctrico.

La inversión necesaria para la planta de tratamiento de agua del proceso es:

Tabla 3.5.1.5) Inversión en planta de tratamiento de agua.

Concepto	Cantidad	Precio unitario [N\$]	Total [N\$]
Planta de tratamiento de agua proveniente de proceso. Capacidad 15 m <sup>3</sup> /hr, tratamiento biológico de lodos activados.	1	152,740.00	152,740.00
Inversión en planta de tratamiento de agua:			<u>152,740.00</u>

A continuación se determina la inversión fija para los rubros restantes: transportes, seguros e impuestos, servicios auxiliares, implementos de la PRM e imprevistos. Estas inversiones son calculadas en función del valor de adquisición de la maquinaria y el equipo de la planta.

Tabla 3.5.1.6) Inversión en transportes, seguros e impuestos, servicios auxiliares, implementos de la PRM e imprevistos.

Concepto	Factor <sup>1</sup>	Monto [N\$]
Valor de adquisición de la maquinaria y equipo de la PRM : N\$ 1,190,981.49		
Transportes, seguros e impuestos	0.05	59,549.07
Servicios auxiliares e implementos	0.20	238,196.30
Imprevistos	0.50	595,490.74
Inversión en estos rubros:		<u>893,236.11</u>

La inversión fija necesaria para la PRM se indica a continuación:

Tabla 3.5.1.7) Inversión fija total PRM.

Inversión Maquinaria y Equipo:	1,190,981.49 [N\$]
Inversión en terreno y construcción:	9,700,920.00
Inversión en instalaciones eléctricas:	120,840.00
Inversión en planta de tratamiento de agua:	152,740.00
Inversión en transportes, seguros e impuestos, servicios auxiliares, implementos de la PRM e imprevistos:	893,236.11
Inversión total PRM:	<u>12,058,717.60</u>

<sup>1</sup>) Factores según el libro "Formulación y evaluación técnico-económica de proyectos industriales". Soto, Espejel y Martínez. 1981.

La inversión fija para el proyecto es la siguiente:

Tabla 3.5.1.7) Inversión fija del proyecto.

Inversión fija PRM	12,058,717.60 [N\$]
Inversión fija Equipo de recolección	2,400,000.00 [N\$]
Inversión fija total	14,458,717.60 [N\$]

3.5.1.2) Estimación del capital de trabajo.

Se llama capital de trabajo a los recursos económicos que utilizan las empresas para atender las operaciones de producción, distribución y venta de los productos elaborados. El capital de trabajo necesario para la empresa que se dedicaría al reciclaje de residuos se divide principalmente en las siguientes partes:

- Capital de trabajo por inventario de materia prima.
- " " " " inventario de producto en proceso.
- " " " " inventario de producto terminado.
- " " " " cuentas por cobrar.
- " " " " cuentas por pagar.
- " " " " efectivo en caja y bancos.

A continuación se hace la estimación de cada una de estas partes que componen el capital de trabajo necesario.

3.5.1.2.1) Capital de trabajo por inventario de materia prima:

Debido a que la materia prima necesaria para el proceso sería proporcionada de manera gratuita por los habitantes de la Delegación Cuauhtémoc, no es necesario pagar por la adquisición de los materiales recuperables.

Sin embargo es necesario cubrir ciertos costos relacionados con la obtención de la materia prima. Los rubros principales que compondrían esta parte del capital de trabajo serían: los costos de recolección y transporte de los residuos reciclables y el costo de las bolsas de plástico que se darían a los habitantes de la Delegación Cuauhtémoc para la separación de dichos residuos.

Se estimará un capital de trabajo por inventario de materia prima equivalente a un día de recolección de los residuos reciclables, ya que dicha recolección se efectuaría diariamente por lo que los residuos recolectados se procesan al llegar a la PRM, pasando estos a formar parte del inventario de producto en proceso rápidamente.

El capital de trabajo por inventario de materia prima sería el siguiente:

Capital de trabajo = C.R. por 1 día + C.B. por 1 día  
por inv. de m.p.

Donde:

C.R. por 1 día = Costo de recolección de los residuos reciclables de un día.

C.B. por 1 día = Costo de las bolsas de plástico empleadas para la separación de residuos.

El costo de recolección por 1 día se calcula de la siguiente forma:

C.R. = Costo de recolección x Toneladas a recolectar + Costo de supervisión  
por 1 día por Ton. recolectar diaria de la  
por día recolección

Teniendo que:

Costo de recolección por Tonelada con el tipo de vehículo propuesto (camión redilas grade)<sup>1</sup> = 21.67 [N\$/Ton]

Toneladas a recolectar por día = 81.18 [Tons/día]

Costo de supervisión diaria de la recolección<sup>2</sup> = 250.00 [N\$/día]

por lo que el Costo de recolección por un día es:

C.R. por día = 2,009.17 [N\$]

El costo por bolsas de plástico por 1 día se calcula de la siguiente forma:

C.B. por 1 día = Cantidad de bolsas requeridas diariamente x Costo unitario por bolsa de plástico

<sup>1</sup>) Este costo de recolección es el estimado para este tipo de vehículo recolector en "Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la cd. de México"; e incluye la depreciación del camión, 2 operarios para efectuar la recolección, el combustible requerido y el mtmo. del equipo.

<sup>2</sup>) Costo de supervisión calculado con el salario de un supervisor por día a partir de un salario real de N\$ 7,500.00 mensuales.

Donde:

Cantidad de  
bolsas requeridas = 15,389 [Bolsas/día]  
diariamente<sup>1</sup>

Costo unitario  
por  
bolsa de plástico<sup>2</sup> = 0.30 [N\$/Bolsa]

por lo que el Costo por bolsas de plástico por 1 día es:

$$\underline{C. R. \text{ por 1 día} = 4.616.70 \text{ [N$/día]}}$$

Finalmente , el Capital de trabajo por inventario de materia prima es:

Capital de trabajo = C.R. por 1 día + C.B. por 1 día  
por inv. de m.p.

Capital de trabajo = 2,009.17 + 4,616.70  
por inv. de m.p.

Capital de trabajo = 6,625.87 [N\$]  
por inv. de m.p.

3.5.1.2.2) Capital de trabajo por inventario de producto en proceso:

Debido a que el proceso de recuperación de materiales propuesto es continuo (aprox. 10 [tons/hr]), los residuos procesados pasan rápidamente al inventario de producto final. Por esta razón se estimará un día de producto en proceso para el rubro de Capital de trabajo por producto en proceso.

Esta parte del capital de trabajo esta compuesta por los siguientes costos:

- Costo de materia prima (recolección).
- Costo de mano de obra directa.
- Costo de supervisión.
- Costo de los servicios auxiliares.
- Costo de mantenimiento y reparación.
- Costo de administración.

<sup>1</sup>) Esta cantidad de bolsas diarias requeridas se estimó en 3.4.1.1

<sup>2</sup>) Costo unitario de las bolsas de plástico según fabricantes de las mismas.

El costo de materia prima de un día de recolección es el calculado en 3.5.1.2.1 que es:

Costo de materia prima = 6.625.87 [N\$]  
por 1 día

El costo de mano de obra directa se estima de la siguiente forma:

Mano de obra directa:	46 [Operarios]
Salario diario base:	22.5 [N\$]
Salario real <sup>1</sup> (1.5 veces el salario base):	33.75 [N\$]

Costo m.o. directa = 46 x 33.75 = 1.552.5 [N\$]  
por día

El costo de supervisión es:

Supervisores propuestos:	4 [supervisores]
Salario diario base:	166.67 [N\$]
Salario real <sup>1</sup> (1.5 veces el salario base):	250.00 [N\$]

Costo supervisión = 250 x 4 = 1.000.00 [N\$]  
por día

El costo por servicios auxiliares se ha estimado en base a dos rubros principales:

- Agua requerida para el proceso y su tratamiento.
- Energía eléctrica requerida.

El costo por agua para el proceso es el siguiente:

Agua "nueva" requerida para los lavados de vidrio y plástico diariamente<sup>2</sup> = 4.89 [m3/día]

Precio por m3 de agua<sup>3</sup> = 3.93 [N\$/m3]

Costo de agua "nueva" para el proceso por día = 4.89 x 3.93 = 19.22 [N\$/día]

<sup>1</sup>) Bajo salario real se incluyen, además del salario, prestaciones tales como vacaciones, pago de infonavit, sar, etc.

<sup>2</sup>) Esta cantidad necesaria de agua es el 5% del total de agua requerida en el proceso, debido a pérdidas en la recuperación y tratamiento del agua utilizada.

<sup>3</sup>) Fuente: "Comisión Nacional del Agua".

Costo operación de la planta de tratamiento por día<sup>1</sup> = 78.27 [N\$/día]

Costo de operación del equipo de agua caliente por día<sup>2</sup> = 200.00 [N\$/día]

Sumando estos costo se obtiene el Costo por agua para el proceso por día:

Costo de agua proceso por día = 297.49 [N\$/día]

El costo por energía eléctrica se calcula a continuación:

Kw nominales de la PRM<sup>3</sup>: 134.05 [Kw]  
Factor de utilización: 0.6  
Horas de proceso/día: 8 [Hrs]  
Precio Kw hr<sup>4</sup>: 0.13565 [N\$/Kw hr]  
Tarifa fija<sup>4</sup>: 2,345.0 [N\$/Bimestre] = 39.09 [N\$/día]

Kw hr/día = 134.05 x 0.6 x 8 = 643.44 [Kw hr]

Costo por Kw hr = 643.44 x 0.13565 = 87.28 [N\$/día]  
por día

Tarifa fija por día = 39.09 [N\$/día]

Costo por energía eléctrica por día = 126.37 [N\$/día]

El costo por servicios auxiliares por día es, entonces, el siguiente:

Costo por serv. auxiliares = Costo de agua proceso por día + Costo por energía eléctrica por día

Costo por serv. auxiliares = 297.49 + 126.37  
por día

Costo por serv. auxiliares por día = 423.86 [N\$/día]

1) Este costo fué calculado en base al consumo de energía eléctrica de la planta, los químicos y operarios necesarios según la Ingeniería de proyecto de esta tesis.

2) Costo calculado en base al consumo de gas l.p. y la energía eléctrica requerida por el equipo de agua caliente.

3) Kw definidos en "Ingeniería de proyecto".

4) Fuente: "Compañía de Luz y Fuerza del Centro".

Finalmente el costo por mantenimiento y reparación anual de la PRM se estima como un 2 % de la Inversión requerida para esta planta<sup>1</sup>:

Inversión fija (PRM): 14,458,717.60 [N\$]  
Porcentaje anual para mantenimiento y reparaciones: 2% anual.  
Días de trabajo/año: 360 [días/año]

Costo mtmo. y reparación =  $\frac{14,458,717.60 \times 0.02}{360} = 803.26$  [N\$/día]

El costo de administración se compone de los siguientes rubros: salarios administrativos y gastos administrativos<sup>2</sup>.

Salarios administrativos por día:

	Nivel	Salario/día	Salario real /día	Personal	N\$ Nivel/día
A		333.33 [N\$]	500 [N\$]	3	1500 [N\$]
B		166.67 [N\$]	250 [N\$]	3	750 [N\$]
C		66.67 [N\$]	100 [N\$]	4	400 [N\$]

Salarios admtvos. por día = 2,650.005 [N\$]

Gastos admtvos. por día = 1,000 [N\$]

El costo de administración total por día sería entonces:

Costo de administración por día = 3,650.00 [N\$]

El capital de trabajo por el producto en proceso es la suma de los siguientes costos:

Costo de materia prima = 6,625.87 [N\$]

Costo m.o. directa = 1,552.50 [N\$]

Costo supervisión = 1,000.00 [N\$]

Costo por servicios auxiliares = 423.86 [N\$]

Costo mtmo. y reparación = 803.26 [N\$]

Costo administración = 3,650.00 [N\$]

Capital de trabajo por producto en proceso = 14,055.49 [N\$]

1) Porcentaje según el libro "Formulación y evaluación técnico-económica de proyectos industriales". Soto, Espejel y Martínez. 1981.

2) Gastos administrativos comprenden gastos de papelería, teléfono, mensajería, etc.

### 3.5.1.2.3) Capital de trabajo por inventario de producto terminado:

Debido a que como se señaló en el Estudio de Mercado de esta tesis, el material recuperado que se obtendría en esta PRM se colocaría fácilmente en los mercados de materiales secundarios, se estiman máximo 15 días de inventario de producto terminado en la planta.

El costo de estos 15 días de producto terminado en inventario se calcula sumando los siguientes costos durante 15 días de operación de la PRM:

- Costo de materia prima (recolección).
- Costo de mano de obra directa.
- Costo de supervisión.
- Costo de los servicios auxiliares.
- Costo de mantenimiento y reparación.
- Costo administrativo y de almacenamiento.

Los costos anteriores por un día ya fueron calculados anteriormente en la estimación del capital de trabajo por producto en proceso:

Costo fabricación = 14,055.49 [N\$]  
y administración por  
día.

El capital de trabajo por inventario de producto terminado es equivalente a este costo de fabricación y admon. por 15 días:

Capital de trabajo por inventario = 14,055.49 x 15  
de producto terminado.

Capital de trabajo por inventario = 210,832.35 [N\$]  
de producto terminado.

### 3.5.1.2.4) Capital de trabajo por cuentas por cobrar:

Para las cuentas por cobrar se estiman 15 días de cartera por cobrar. El capital de trabajo por cuentas por cobrar es entonces igual a 15 días de operación de la planta incluyendo los costos de fabricación, de administración y de ventas.

Los gastos o costos de venta se estiman como un 1% de las ventas totales, las cuales se describen en el siguiente tabla.

Tabla 3.5.1.8) Ingresos diarios.

Material:	Tons. recuperadas /día	Precio de venta [N\$/Ton]	Venta por material [N\$/día]
Aluminio	7.73	2,750.00	21,254.00
Cartón	25.34	150.00	3,801.00
Periódico	12.56	120.00	1,507.00
Otros papeles	7.03	400.00	2,812.00
Hojalata	3.18	200.00	636.00
Vidrio transparente	10.23	300.00	3,069.00
Vidrio color	6.74	280.00	1,887.00
Plásticos	8.38	1,500.00	12,750.00
<b>Total ventas diarias</b>			<b>47,536.00 [N\$]</b>

Gastos de venta diarios =  $47,536 \times 0.01 = 475.36$  [N\$]

Gastos de venta por = 7,130.40 [N\$]  
15 días

Los costos de fabricación y administración por 15 días son equivalentes al capital de trabajo por inventario de producto terminado, es decir:

Costos de fabricación y producción = 210,832.35 [N\$]  
por 15 días

Por lo que el capital de trabajo por cuentas por cobrar es:

Capital de trabajo = Costos de fabricación + Gastos de ventas  
por cuentas por cobrar y admóm.

Capital de trabajo = 210,832.35 + 7,130.40  
por cuentas por cobrar

Capital de trabajo = 217,962.75 [N\$]  
por cuentas por cobrar

### 3.5.1.2.5) Capital de trabajo por cuentas por pagar:

En este proyecto la materia prima necesaria para el proceso provendría de los habitantes de la Delegación Cuauhtémoc. Si bien los habitantes de esta Delegación que participaran en el reciclaje no venderían sus residuos a la compañía, la empresa dedicada al reciclaje tendría gastos relacionados con la promoción del sistema de recuperación de los residuos entre los habitantes de dicha Delegación.

Los gastos necesarios para la promoción del plan de reciclaje están compuestos por:

- La rifa de un premio entre los participantes en el reciclaje, es decir, aquellas personas que separen sus residuos reciclables y los entreguen a los camiones recolectores. Esta rifa se llevaría a cabo una vez al mes en cada una de las diferentes sectores en que se dividiría la Delegación, el monto propuesto para el premio de esta rifa sería de N\$ 1,000.00, por lo que al realizar una rifa mensual en cada uno de los siete sectores en que se dividiría la Delegación, se deben destinar N\$ 7,000.00 para premios al mes.

- Publicidad necesaria para motivar la participación. Se llevaría a cabo mediante carteles informativos, mensajes en radio, etc. Con esta publicidad se daría a conocer la forma en que los habitantes de la Delegación pueden participar en el programa de reciclaje y los beneficios que obtendrían desde el punto de vista personal (por la rifa) y del colectivo por el cuidado del medioambiente.

El capital que se destinaría a esta publicidad sería de N\$ 10,000.00 mensuales. Hay que tomar en cuenta que existen organizaciones civiles de cuidado al medioambiente que participarían en la promoción de este sistema, además de que el DDF proporcionaría medios para la publicidad de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 2 "Definición del proyecto".

Por lo que el capital por cuentas por pagar sería:

Capital de trabajo por cuentas por pagar = 17,000.00 [N\$]  
pagar.

### 3.5.1.2.6) Capital de trabajo por efectivo en caja y bancos:

La cantidad que se propone destinar como efectivo en caja es de N\$ 10,000.00.

Capital de trabajo por efectivo = 10,000.00 [N\$]  
en caja y bancos.

El capital de trabajo total requerido para el proyecto es la suma de los capitales de trabajo por: inventario de materia prima, inventario de producto en proceso, inventario de producto terminado, cuentas por cobrar y efectivo en caja, menos el capital de trabajo por cuentas por pagar. El capital de trabajo requerido para el proyecto del SMRS se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 3.1.2. Capital de trabajo del proyecto:*

Capital de trabajo por:	
Inventario de materia prima:	6,625.87 [N\$]
Inventario de producto en proceso:	14,055.49 [N\$]
Inventario de producto terminado:	210,832.35 [N\$]
Cuentas por cobrar:	217,962.75 [N\$]
Efectivo en caja:	10,000.00 [N\$]
Cuentas por pagar:	(17,000.00) [N\$]
<u>Capital de trabajo = 442,476.46 [N\$]</u>	

3.5.2) Análisis de punto de equilibrio.

Para el análisis de punto de equilibrio se dividen los costos en variables y fijos. Estos costos ya fueron, en su mayor parte, descritos en la estimación del capital de trabajo necesario para el proyecto. El análisis de punto de equilibrio se realiza tomando en cuenta la producción diaria de 81.18 [Ton] de materiales reciclables.

En costos variables se incluyen los siguientes<sup>1</sup>:

Costo:	[N\$/Ton]
1. Recolección	
Recolección	24.75
Bolsas	56.87
2. M.o. operación	19.12
3. Supervisión	12.32
4. Servicios auxiliares	
Agua	3.66
Electricidad	1.56
5. Mantenimiento	9.89
	----
<u>Suma Costos Variables</u>	<u>128.17 [N\$/Ton]</u>

<sup>1</sup>) Estos costos ya fueron calculados en la Estimación del Capital de Trabajo por día, dividiéndose estos entre 81.18 Tons/día que es la producción esperada.

En costos fijos por día se incluyen los siguientes:

Costos:	[N\$/día]
1. Depreciaciones <sup>1</sup>	1,321.61
2. Seguros <sup>2</sup>	401.63
3. Administrativos	3,650.00
4. Financieros <sup>3</sup>	6,495.65
5. Gastos de distribución y ventas.	
Promociones y publicidad.	566.70
Ventas.	475.36
<u>Suma costos fijos</u>	<u>12,910.95 [N\$/Día]</u>

Para los ingresos por ventas diarias se considera la composición de los materiales recuperados y un precio promedio de venta para cada grupo de material, estos precios se han obtenido del estudio de mercado presentado anteriormente.

Tabla 3.5.2.1. Ingresos diarios del SMRS:

[N\$/ton]	Precio Material	Tons.	[N\$/Día] Recuperadas/día
Aluminio	2,750.00	7.73	21,257.50
Cartón	150.00	25.34	3,801.00
Periódico	120.00	12.56	1,507.20
Papel mezclado	400.00	7.03	2,812.00
Hojalata	200.00	3.18	636.00
Vidrio trans.	300.00	10.23	3,069.00
Vidrio color	280.00	6.73	1,884.40
Plásticos	1,500.00	8.38	12,570.00
Totales:		81.18	47,537.10
Por lo que las ventas diarias son <u>47,537.10 [N\$/Día]</u>			

1) Calculadas como un 10% anual sobre la inversión fija en equipo de la planta, equipo de recolección y gastos preoperatorios.

2) Calculados como 1% anual sobre la inversión fija total.

3) Calculados con un 30% de interés anual, con pagos uniformes, sobre un crédito equivalente al 50% de la inversión fija total.

El punto de equilibrio es aquel donde las ventas son iguales al costo total, es decir:

$$\text{Ventas} = \text{Costo total}$$

A su vez, el Costo total es:

$$\text{Costo total} = \text{Costos Fijos} + (\text{Costos Variables} \times \text{Volumen Producción})$$

y las ventas son:

$$\text{Ventas} = \text{Precio de Venta} \times \text{Vol. Prod.}$$

Entonces, el Punto de Equilibrio es:

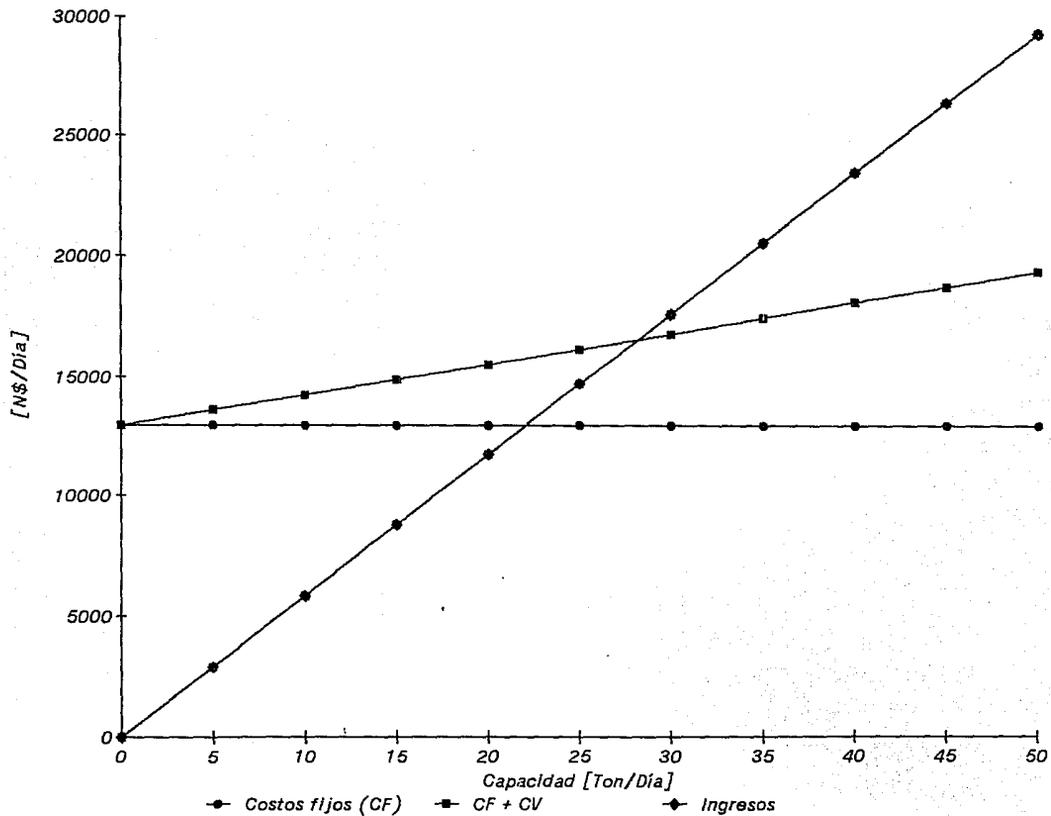
$$\text{Pto. Eq.} = \frac{\text{Costos fijos totales}}{(\text{Precio venta} - \text{Costos Variables})}$$

Realizando los cálculos necesarios y utilizando un precio de venta promedio (ponderado de acuerdo a la composición de los residuos recuperados) igual a: 585.46 [N\$/Ton], se tiene que el pto. de equilibrio es para un Vol. de producción de:

$$\text{Vol. Prod. Pto. de Equilibrio} = 28.23 \text{ [Ton/Día]}$$

$$\text{con un precio de venta promedio} = 585.46 \text{ [N$/Ton]}$$

Gráfica 3.5.2 Punto de Equilibrio



### 3.5.3) Estados financieros.

En base a la información anterior se han elaborado los siguientes estados financieros:

- Balance al inicio de operaciones del sistema (Año 0).
- Balance a un año del inicio de operaciones (Año 1).
- Estado de resultados del primer año de operación (Año 1).

Tabla 3.5.3.1 Balance Sistema de Manejo de Residuos. En NS.

	Año 0	Año 1
<b>Activos</b>		
Activo circulante <sup>1</sup>		
Caja	10,000.00	42,751.88
Materia Prima	6,625.87	6,625.87
Producto en proceso	14,055.49	14,055.49
Producto terminado	210,832.35	210,832.35
Cuentas por cobrar	<u>217,962.75</u>	<u>217,962.75</u>
	459,476.46	492,228.34
Activo Fijo <sup>2</sup>		
Terreno y construccion	9,700,920.00	10,671,012.00
Vehículos	2,400,000.00	2,160,000.00
Maq. y Eq.	<u>1,464,561.49</u>	<u>1,318,105.34</u>
	13,565,481.49	14,149,117.34
Otros activos		
Gasto preoperatorios	<u>893,236.11</u>	<u>803,912.50</u>
	893,236.11	803,912.50
<b>Total activos</b>	<b>14,918,194.06</b>	<b>15,445,258.18</b>
<b>Pasivos<sup>3</sup></b>		
Crédito Bancario	7,229,358.80	6,506,422.92
Ctas. por pagar	<u>17,000.00</u>	<u>17,000.00</u>
<b>Total pasivos</b>	<b>7,246,358.80</b>	<b>6,523,422.92</b>
<b>Capital</b>		
Capital social	7,671,835.26	7,671,835.26
Utilidad retenida	<u>0</u>	<u>1,250,000.00</u>
<b>Total capital</b>	<b>7,671,835.26</b>	<b>8,921,835.26</b>
<b>Pasivo + Capital</b>	<b>14,918,194.06</b>	<b>15,445,258.18</b>

1) Activo circulante calculado a partir del capital de trabajo en 3.5.1.2.

2) Activo fijo calculado a partir de la inversión fija del SMRS en 3.5.1.1

3) Crédito bancario calculado con un 30% de interés anual, con pagos uniformes, sobre un crédito equivalente al 50% de la inversión fija total.

### 3.5.3) Estados financieros.

En base a la información anterior se han elaborado los siguientes estados financieros:

- Balance al inicio de operaciones del sistema (Año 0).
- Balance a un año del inicio de operaciones (Año 1).
- Estado de resultados del primer año de operación (Año 1).

#### Balance Sistema de Manejo de Residuos. En N\$.

	Año 0	Año 1
<b>Activos</b>		
Activo circulante <sup>1</sup>		
Caja	10,000.00	42,751.88
Materia Prima	6,625.87	6,625.87
Producto en proceso	14,055.49	14,055.49
Producto terminado	210,832.35	210,832.35
Cuentas por cobrar	<u>217,962.75</u>	<u>217,962.75</u>
	459,476.46	492,228.34
Activo Fijo <sup>2</sup>		
Terreno y construcción	9,700,920.00	10,671,012.00
Vehículos	2,400,000.00	2,160,000.00
Maq. y Eq.	<u>1,464,561.49</u>	<u>1,318,105.34</u>
	13,565,481.49	14,149,117.34
Otros activos		
Gasto preoperatorios	<u>893,236.11</u>	<u>803,912.50</u>
	893,236.11	803,912.50
<b>Total activos</b>	<b>14,918,194.06</b>	<b>15,445,258.18</b>
<b>Pasivos<sup>3</sup></b>		
Crédito Bancario	7,229,358.80	6,506,422.92
Ctas. por pagar	<u>17,000.00</u>	<u>17,000.00</u>
<b>Total pasivos</b>	<b>7,246,358.80</b>	<b>6,523,422.92</b>
<b>Capital</b>		
Capital social	7,671,835.26	7,671,835.26
Utilidad retenida	<u>0</u>	<u>1,250,000.00</u>
<b>Total capital</b>	<b>7,671,835.26</b>	<b>8,921,835.26</b>
<b>Pasivo + Capital</b>	<b>14,918,194.06</b>	<b>15,445,258.18</b>

1) Activo circulante calculado a partir del capital de trabajo en 3.5.1.2.

2) Activo fijo calculado a partir de la inversión fija del SMRS en 3.5.1.1

3) Crédito bancario calculado con un 30% de interés anual, con pagos uniformes, sobre un crédito equivalente al 50% de la inversión fija total.

Tabla 3.5.3.2 Estado de Resultados del Año 1. En N\$

Ventas	17,112,960.00
Costo de Ventas	
Costos de recolección	2,385,328.18
Mano de obra	558,778.18
Supervisión, Ser.Aux. y Mtmo.	441,586.73
Utilidad Bruta	13,727,266.92
Gastos de Ventas	375,141.60
Gastos administrativos	1,458,586.80
Gastos financieros	2,338,434.00
Utilidad de operación	9,555,104.52
Utilidad antes Impts.	9,555,104.52
Impuestos (34%)	3,248,735.54
Utilidad desp. Impts.	6,306,368.98
Dividendos	5,056,368.98
Utilidad retenida	1,250,000.00

3.5.4) Evaluación económica.

3.5.4.1) Tasa Interna de Retorno.

A continuación se calcula la Tasa Interna de Retorno para el proyecto.

Datos:

Inversión inicial:	14,458,717.60 [N\$]
Capital de trabajo:	442,476.46 [N\$]
Utilidades por año:	6,306,368.98 [N\$]
Vida útil:	10 [Años]

La tasa interna de retorno del proyecto:

Tasa Interna de Retorno = 41.00% anual

### Estado de Resultados del Año 1. En N\$

Ventas	17,112,960.00
Costo de Ventas	
Costos de recolección	2,385,328.18
Mano de obra	558,778.18
Supervisión, Ser.Aux. y Mtmo.	441,586.73
Utilidad Bruta	13,727,266.92
Gastos de Ventas	375,141.60
Gastos administrativos	1,458,586.80
Gastos financieros	2,338,434.00
Utilidad de operación	9,555,104.52
Utilidad antes Impts.	9,555,104.52
Impuestos (34%)	3,248,735.54
Utilidad desp. Impts.	6,306,368.98
Dividendos	5,056,368.98
Utilidad retenida	1,250,000.00

#### 3.5.4) Evaluación económica.

##### 3.5.4.1) Tasa Interna de Retorno.

A continuación se calcula la Tasa Interna de Retorno para el proyecto.

Datos:

Inversión inicial:	14,458,717.60 [N\$]
Capital de trabajo:	442,476.46 [N\$]
Utilidades por año:	6,306,368.98 [N\$]
Vida útil:	10 [Años]

La tasa interna de retorno del proyecto:

Tasa Interna de Retorno = 41.00% anual

### 3.5.4.2) Análisis de sensibilidad.

Existen riesgos que podrían poner en entredicho la factibilidad de un programa de reciclaje como el propuesto anteriormente. A continuación se hace una evaluación tomando en cuenta ciertas situaciones bajo las cuales la rentabilidad del proyecto podría disminuir.

Entre las situaciones o escenarios bajo los cuales la rentabilidad del proyecto correría un riesgo mayor destacan las siguientes:

I.- Que la participación de los habitantes de la Delegación Cuauhtémoc en el programa de reciclaje fuera tan baja que resultase incosteable la recuperación de los residuos reciclables.

II.- Que los precios de venta de los materiales recuperados cayeran abruptamente como consecuencia de una baja sustancial en los precios de venta de las materias primas vírgenes.

#### 3.5.4.2.1) Análisis de sensibilidad *Escenario I: Baja Participación de los habts. de la Del. Cuauhtémoc en el prog. de reciclaje.*

El que los habitantes de la Del. Cuauhtémoc no participarán de forma tal que se recolectaran las 81.2 Tons. de materiales reciclables propuestas en esta tesis, ocasionaría que los costos de recolección se volvieran más significativos en la estructura de costos del proyecto.

Los costos de recolección no varían linealmente con el volumen de residuos recolectados. El costo de operación por camión recolector es prácticamente igual si dicho camión va al 100% de su capacidad o si va a capacidades menores. Por esta razón se hará un análisis de punto de equilibrio considerando a los costos de recolección como parte de los costos fijos del proyecto, y no como un costo variable como se hizo anteriormente:

Costos fijos: Incluyen los descritos en la sección 3.5.2 más los costos de recolección (sin incluir bolsas de plástico, cuyo costo permanece en los variables) estimados para el volumen de operación de la planta propuesto (81.2 Ton/día).

Costo recolección por Ton = 24.75 [N\$/Ton]

Residuos recs. por día = 81.18 [Ton/día]  
estimados

Costo recolección por =  $24.75 \times 81.18 = 2,009.20$  [N\$/día]  
día

Costos Fijos = 12,910.95 [N\$/Día] + 2,009.20 [N\$/día]  
(Escenario I)

Costos fijos = 14,920.15 [N\$/Día]  
(Escenario I)

Costos variables: Iguales a los descritos en 3.5.2 menos los de recolección.

Costos variables = 128.17 [N\$/Ton] - 24.75 [N\$/Ton]  
(Escenario I)

Costos variables = 103.42 [N\$/Ton]  
(Escenario I)

Los ingresos por la venta de los materiales recuperados se comportan como en 3.5.2, es decir son lineales de acuerdo al volumen de residuos recuperados, teniendo un precio de venta ponderado de 585.46 [N\$/Ton]

En este escenario el punto de equilibrio queda de la siguiente forma:

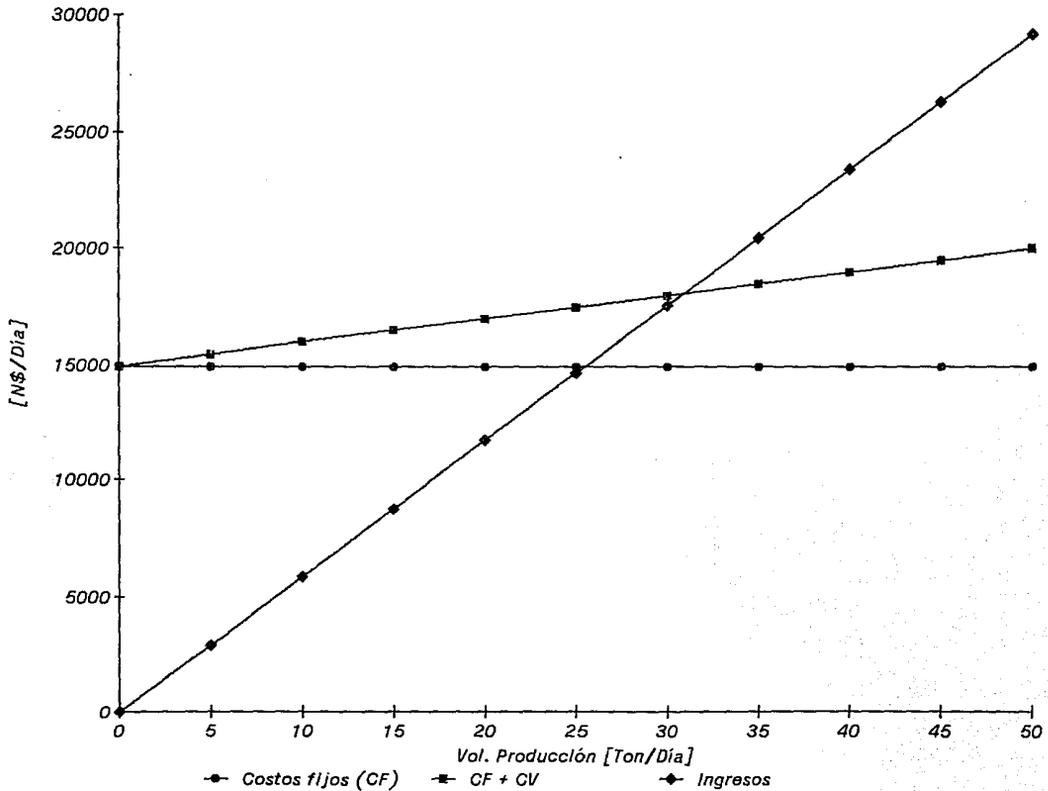
Pto. Eq. =  $\frac{\text{Costos fijos totales}}{\text{Precio venta} - \text{Costos Var.}}$   
(Escenario I)

Pto. Eq. =  $\frac{14,920.15 \text{ [N$/día]}}{585.46 \text{ [N$/Ton]} - 103.42 \text{ [N$/Ton]}}$   
(Escenario I)

Pto. Eq. = 30.95 [Ton/día]  
(Escenario I)

### Gráfica 3.5.4.2.1 Punto de Equilibrio

Escenario I



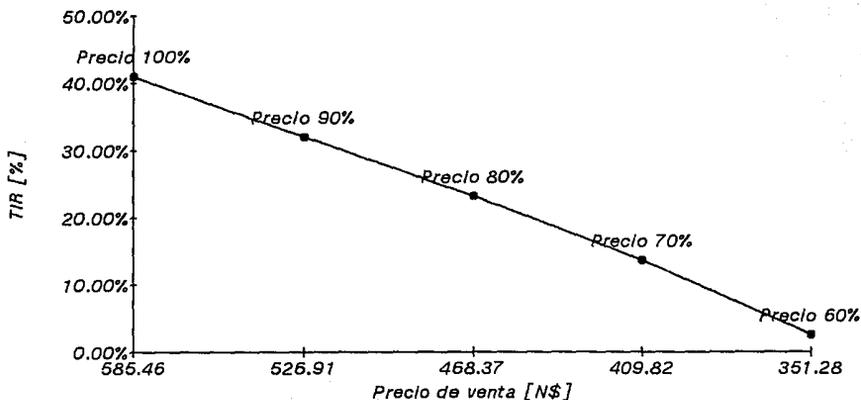
Del cálculo anterior se desprende que aún cuando la participación fuese tan baja que sólo se recolectarían 30.95 Ton/Día (aprox. 38% del volumen que se ha considerado se podría recuperar, 81.18 Ton/Día), se cubrirían los costos de operación del sistema, incluyendo los de recolección.

3.5.4.2.2) Análisis de sensibilidad Escenario II: Caída de los precios de venta de los materiales recuperables.

A continuación se presentan las Tasas Internas de Retorno y los Puntos de Equilibrio que el proyecto tendría a precios de venta 10, 20,30 y 40% menores que el precio de venta ponderado descrito en 3.5.2.

Escenario II:	P.V.	Pto.Eq.	TIR
	[N\$/Ton]	[Ton/día]	[%]
P.v. 1:	585.46	28.23	41.00%
P.v. (10% menor):	526.91	32.38	32.05%
P.v. (20% menor):	468.37	37.95	23.26%
P.v. (30% menor):	409.82	45.84	13.70%
P.v. (40% menor):	351.28	57.87	2.60%

**Gráfica 3.5.4.2.2 Variación de la TIR**  
en función del precio de venta.



#### 4) Conclusiones.

La puesta en marcha de un proyecto de este tipo representaría los siguientes beneficios:

- La creación de una empresa rentable dedicada a la recuperación de los residuos reciclables con los beneficios económicos señalados anteriormente.

- Un mayor aprovechamiento de los recursos que el DDF asigna para la recolección y disposición final de los residuos sólidos, pues cada tonelada de residuos que se recicle representa:

(1) Disminución de los costos totales de recolección y transferencia de los residuos sólidos municipales.

(2) Menor utilización de los rellenos sanitarios con el ahorro en términos económicos que esto representa.

Tabla 4.1 "Beneficios para el DDF del programa de reciclaje".

Por cada tonelada reciclada, el DDF ahorraría:

De recolección domiciliarial:	10.14 [N\$/Ton]
De transferencia al relleno sanitario:	33.40
De relleno sanitario:	24.88
Total por Ton:	68.42 [N\$/Ton]
Ahorro por día (si se reciclan las 81.18 Tons/día propuestas):	
	<u>N\$ 5,554.34 por día</u>

Tabla elaborada con información del "Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México" DDF 1993.

- Se propicia la utilización de materiales reciclados por una gran variedad de industrias, lo cual representa:

(1) Una disminución de la cantidad total de energía necesaria para elaborar los diferentes productos.

(2) Una mayor conservación de recursos naturales tales como bosques, mantos petrolíferos, etc. utilizados para la elaboración de productos a partir de materias primas vírgenes.

(3) Una disminución en los costos que corresponden a materia prima en la fabricación de diferentes productos, pues los materiales reciclados son generalmente más baratos que las materias primas vírgenes equivalentes.

Sin embargo existen riesgos que podrían poner en entredicho la factibilidad de proyectos como este, y son principalmente los mencionados en la Evaluación económica de esta Tesis: La baja participación de los habitantes de la Delegación Cuauhtémoc y la caída sustancial de precios de los materiales secundarios.

Existen medidas que pueden evitar en cierta forma estos riesgos, principalmente:

- La publicación de leyes o reglamentos que exigieran a ciertas industrias la utilización de determinado porcentaje de materiales reciclados para la elaboración de sus productos, con lo cual los precios de los materiales reciclados se desvincularían parcialmente de los de los materiales vírgenes.

- La creación de una conciencia ecológica que motive a los habitantes del D.F. a participar en programas de este tipo , y a preferir productos elaborados con materiales reciclados ya sea parcialmente o al 100%.

- En caso de que la participación fuera baja en la Del. Cuauhtémoc se puede ampliar el área de recolección a lugares aledaños a dicha Delegación.

## BIBLIOGRAFIA

Andaraca Urueta Ricardo

*"Proyecto de evaluación técnica y económica de un proceso para la recuperación de materiales y energía a partir de los desechos sólidos urbanos"*.

Tesis FES Cuautitlán, 1993.

Cámara Nacional del Acero.

*"Indicadores siderúrgicos"*.

Cámara Nacional del Acero, 1990.

Deffis Caso Armando.

*"La Basura es la solución"*.

Editorial Concepto S.A. 1991.

Departamento del Distrito Federal.

*"Análisis del costo del manejo y disposición final de los desechos sólidos en la zona metropolitana de la Cd. de México"*.

DDF 1992.

Fuertes de Aguinaco Gloria Ma. de Jesús

*"Identificación de oportunidades de inversión con materiales reciclables para generar valor social y económico en México"*.

Tesis Universidad Anáhuac, 1993.

Instituto Mexicano del Plástico Industrial.

*"El reciclaje de plásticos... el negocio de los 90's"*.

IMPI 1991.

Instituto Mexicano del Plástico Industrial.

*"Anuario estadístico del Instituto Mexicano del Plástico Industrial 1990"*

IMPI 1990.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

*"Anuario estadístico del Distrito Federal 1993"*

INEGI 1993.

Instituto Mexicano del Aluminio.

*"Anuario 1992"*

Instituto Mexicano del Aluminio, 1992.

Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero.  
"Anuario estadístico de la siderurgia y minería del hierro de América Latina".  
Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, 1992.

Lund Herbert F.  
"The Mc. Graw-Hill Recycling Handbook"  
Mc. Graw-Hill 1993.

Soto Rodríguez Humberto  
"Formulación y Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Industriales".  
FONEI 1981.

Tetra Pak.  
"Tetra Pak y el medio ambiente".  
Tetra Pak 1992.

#### REFERENCIAS

Anáhuac Formados y Plásticos, S.A. de C.V.  
Av. Azcapotzalco 96  
México, D.F.

Bodega de Plásticos S.A. de C.V.  
Av. San Antonio 206  
México, D.F.

Cámara Nacional de la industria del hierro y del acero CANACERO.  
Amores 338 Col. del Valle  
México, D.F. 03199.

Cambridge Internacional, S.A de C.V.  
Convento de Santo Domingo no. 3  
Jardines de Santa Monica, Edo. de Mex.

Centro Mexicano de promoción del cobre, A.C. PROCOBRE  
Av. Sonora 166 1o piso  
Col. Hipodromo, México, D.F.

Dimexa S.A.  
Av. Hidalgo Predio Salinas s/n  
San Cristobal Ecatepec, México

Envases de Jalisco S.A. (envases de aluminio)

Fábricas Monterrey S.A. (envases de aluminio)

Institute for Scrap Recycling Industries.  
1325 G. St. NW.  
Suite 1000  
Washington, DC 20009.  
EEUU.

Instituto Mexicano del Aluminio IMEDAL.  
Francisco Petrarca no. 133-9o piso  
Col. Polanco 11560 México, D.F.

Inyectora para plásticos Arsa, S.A. de C.V.  
Av. las granjas 354  
México, D.F.

Innplamaq, S.A. de C.V.  
Calle luz 28 Col. Pantitlán  
México, D.F.

Kimberly Clark de México. S.A. de C.V.  
José Luis Lagrange 103 piso 3  
Col. Los Morales Polanco  
11510 México, D.F.

Loreto y Peña Pobre, S.A.  
Altamirano 46 Col. Loreto San Angel  
México, D.F. 01090

Montequipo, S.A. de C.V.  
Prol. Morelos 38 Xocoyahualco  
Tlalnepantla, Edo. de Mex.

Prensas Hidráulicas Gimbel, S.A.  
Calz. Coltongo 158  
México, D.F.

Tecnibandas Industriales, S.A.  
Mariano Azuela 44 Col. Santa María la Ribera  
México, D.F.

U.S. Environmental Protection Agency EPA.  
401 M Street, SW (A-100)  
Washington, DC 20460  
EEUU

Vidriera México, S.A. de C.V. VITRO ENVASES  
Lago Zurich 243  
México, D.F.