



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica



“RECUPERACION DE DESECHOS FERROSOS
DE LAS BASURAS URBANAS”

PROYECTO DE GRADO
Previo a la obtención del Título de
INGENIERO MECANICO

Presentado por:
ROBERTO ELIEZER ROJAS RENDON

Guayaquil - Ecuador

1992

DECLARACION EXPRESA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica

"La responsabilidad por los hechos; ideas y doctrinas
expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden
exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a
la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Tópico de Graduación).



Robertado
Robertó E. Rojas Rendón

ROBERTO ELIEZER ROJAS RENDÓN

Guayaquil - Ecuador

1992

AGRADECIMIENTO

Al ING. MARCO PAZMINO B.
Director de Proyecto de
Grado, por su ayuda y
colaboración para la
realización de este
trabajo.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS



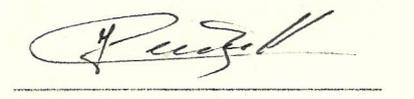
ING. NELSON CEVALLOS
Decano de la Facultad
de Ingeniería Mecánica



ING. MARCO PAZMIRO
Director de Proyecto
de Grado



ING. JORGE DUQUE
Miembro del Tribunal



ING. FREDDY CEVALLOS
Miembro del Tribunal

R E S U M E N

En el Proyecto de Grado "Recuperación de desechos ferrosos de las basuras urbanas", se realiza una descripción sobre las basuras urbanas de Guayaquil y el tratamiento a que pueden ser sometidas éstas.

Este estudio incluye la producción de desechos sólidos urbanos, la proporción de estos. Tomando como base estos datos, se obtiene la producción de los desechos ferrosos.

Posteriormente se investiga sobre la forma cómo se recuperan los desechos ferrosos en Guayaquil, la comercialización de estos desechos. Se analiza también el el procesamiento que son sometidos los desechos ferrosos recuperados.

Finalmente, se hace una descripción de un proceso básico para recuperar desechos ferrosos considerando las características técnicas de la basura de Guayaquil. En la descripción del proceso, se incluye la maquinaria necesaria, la obra civil y se realiza un estudio de costos.

INDICE GENERAL

| | Pag. |
|---|------|
| RESUMEN | VI |
| INDICE GENERAL | VII |
| INDICE DE FIGURA | IX |
| INDICE DE TABLAS | XI |
| LISTA DE ABREVIATURAS | XIII |
| INTRODUCCION | XV |
| I. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO | 17 |
| 1.1 Objetivos del proyecto | 17 |
| 1.2 Justificación | 17 |
| II. FUNDAMENTOS TEORICOS | 20 |
| 2.1 Los desechos sólidos: Definición y clasificación | 20 |
| 2.2 Tratamiento de los desechos sólidos ... | 22 |
| 2.2.1 Eliminación | 24 |
| 2.2.2 Aprovechamiento | 30 |
| 2.3 Recuperación de los desechos metálicos | 35 |
| 2.3.1 Separación de desechos ferrosos de entre las basuras | 38 |
| III. LA BASURA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL | 40 |
| 3.1 Producción de basura | 40 |
| 3.2 Composición de la basura de Guayaquil .. | 48 |
| 3.3 Producción de desechos metálicos | 56 |

| | | |
|-----|---|-----|
| IV. | COMERCIALIZACION DE LOS DESECHOS FERROSOS .. | 58 |
| | 4.1 Recuperación de desechos ferrosos en Guayaquil | 58 |
| | 4.2 Proveedores y consumidores | 64 |
| V. | PROCESO PARA LA RECUPERACION DE DESECHOS FERROSOS | 72 |
| | 5.1 Análisis de las opciones | 72 |
| | 5.2 Proceso de funcionamiento | 79 |
| | 5.3 Maquinaria | 84 |
| | 5.4 Obra civil | 106 |
| | 5.5 Evaluación de costos | 107 |
| | 5.5.1 Costos de inversión | 107 |
| | 5.5.2 Costos de explotación | 108 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 111 |
| | BIBLIOGRAFIA | 113 |

INDICE DE FIGURAS

| N° | | Pag. |
|-----|---|------|
| 2.1 | Operaciones fundamentales en el tratamiento de los desechos sólidos | 24 |
| 2.2 | Aprovechamiento de los desechos sólidos | 31 |
| 3.1 | Producción de basura por habitante en áreas metropolitanas de Estados Unidos | 42 |
| 3.2 | Tasa combinada de generación de basura en Guayaquil | 47 |
| 3.3 | Tendencia de la proporción de materia orgánica y madera, piedras, cenizas, tierra en la basura de Guayaquil | 54 |
| 3.4 | Tendencia de la proporción de materia recuperable en la basura de Guayaquil | 55 |
| 4.1 | Botadero Municipal de basura de Guayaquil .. | 65 |
| 4.2 | Chamberos recuperando desechos sólidos en el botadero de basura | 65 |
| 4.3 | Cooperativa de vivienda 25 de Julio ubicada en el botadero de basura | 66 |
| 5.1 | Esquema del funcionamiento de la instalación recuperadora de desechos ferrosos | 80 |
| 5.2 | Sección transversal de una banda transportadora cargada | 89 |
| 5.3 | Separador electromagnético | 99 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.4 | Compactadora de chatarra LINDEMANN modelo SODRE 9M | 101 |
| 5.5 | Triturador de martillos. Vista frontal | 103 |
| 5.6 | Triturador de martillos en sección transver- sal | 103 |
| 5.7 | Compactador de basura del tipo pata de cabra | 107 |

INDICE DE TABLAS

| N° | | Pag. |
|-----|--|------|
| 2.1 | Contribución de los desechos metálicos a la producción de metales en Estados Unidos | 37 |
| 3.1 | Producción per cápita de basura en algunas ciudades del mundo | 41 |
| 3.2 | Proyección de la tasa combinada de generación de basura en Guayaquil | 45 |
| 3.3 | Proyección de la producción de basura en Guayaquil | 46 |
| 3.4 | Evolución de la composición de las basuras en los Países Industrializados | 50 |
| 3.5 | Composición de desechos sólidos urbanos | 51 |
| 3.6 | Composición de la basura de Guayaquil | 53 |
| 3.7 | Proyección de la producción de desechos metálicos en Guayaquil | 57 |
| 4.1 | Recuperación de desechos metálicos en el botadero de basura de Guayaquil | 62 |
| 4.2 | Proyección de la producción de desechos ferrosos en Guayaquil | 63 |
| 5.1 | Datos típicos del contenido de humedad de los desechos sólidos urbanos | 74 |
| 5.2 | Densidades típicas de los componentes y mezclas de desechos sólidos urbanos | 75 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 5.3 | Valores típicos del contenido de energía de los desechos sólidos | 76 |
| 5.4 | Area de la sección transversal de la carga de las bandas | 93 |
| 5.5 | Potencia necesaria (HP) para accionar un transportador vacío a 30 m/min | 93 |
| 5.6 | Potencia necesaria (HP) para mover horizontalmente cualquier material a cualquier velocidad de banda | 94 |
| 5.7 | Potencia necesaria (HP) para elevar verticalmente cualquier material a cualquier velocidad de banda | 95 |
| 5.8 | Capacidad de las prensas compactadoras de chatarra | 104 |
| 5.9 | Capacidad de las trituradoras de martillos . | 104 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------|--|
| a | año |
| A | Amperio |
| Ab | área de sección transversal de una banda |
| atm | atmósfera de presión |
| C | Carbono |
| °C | grado centígrado |
| cm | centímetro |
| d | día |
| ft | pie |
| hr | hora |
| hb | habitante |
| HP | caballo de potencia |
| Hz | Hertz |
| kg | kilogramo |
| km | kilometro |
| KW | kilovatio |
| KWH | kilovatio hora |
| lb | libra |
| m | metro |
| m ³ | metro cúbico |
| min | minuto |
| mm | milímetro |
| N | Nitrógeno |

| | |
|-------------------|---|
| pulg | pulgada |
| pulg ² | pulgada cuadrada |
| rpm | revoluciones por minuto |
| t | tasa combinada de generación de basuras |
| Ton | tonelada |
| US\$ | dólares de Estados Unidos |
| v | velocidad de la banda |
| w | ancho de banda |
| α | ángulo de los rodillos laterales |
| β | ángulo de sobrecarga |
| δ | densidad de las basuras |
| ϵ | constante |

I N T R O D U C C I O N

Una sociedad que consume mucho produce abundante desechos. La cantidad de basura producida en Guayaquil es cada vez mayor y la eliminación de estas carece de una buena infraestructura. Esta carencia hace necesario encontrar técnicas adecuadas para el tratamiento de las basuras.

Recuperar los numerosos productos aprovechables que contienen las basuras es una alternativa de solución al problema del tratamiento de desechos. Dentro de estos productos se encuentran papeles, cartones, plásticos, metales, vidrio, materiales de una importante valorización industrial. En el presente trabajo se realiza un estudio en el que se plantea la recuperación de los desechos de metales ferrosos en Guayaquil, no sólo como una alternativa de solución al problema de la basura sino también como una fuente de materia prima para la obtención de metales ferrosos.

El Proyecto de Grado se lo dividió en cinco capítulos. El primer capítulo indica los objetivos del estudio y las causas que justifican su realización. En el capítulo 2 se hace una presentación teórica del tema que motiva el trabajo. En el capítulo 3 se presentan datos de la basura

de Guayaquil, indicándose ahí la producción de basura, la composición de la misma, la producción de desechos metálicos. En el capítulo 4 se demuestra la conveniencia de recuperar los desechos ferrosos en Guayaquil y la comercialización de los mismos. El capítulo 5 presenta el estudio sobre un proceso básico para recuperar desechos ferrosos, incluyéndose en él un análisis de opciones para escoger la propicia, considerando las propiedades físicas de las basura de Guayaquil y de acuerdo a ésta, indicar la maquinaria y la obra civil necesaria.

CAPITULO I

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO.

El presente trabajo realiza un estudio sobre la basura de origen urbano de Guayaquil, de manera particular analizando a los desechos ferrosos, para seleccionar un método que permita realizar un tratamiento técnico y además recuperar los desechos anteriormente indicados.

1.2 JUSTIFICACION

Nuestra sociedad es una sociedad de consumo. Consumimos bienes y servicios hasta cuando nos son útiles y luego prescindimos de ellos para volver a utilizar otros.

La cantidad de desechos que se generan por habitante es un índice relacionado directamente con el nivel de vida de la comunidad, quizás por la identificación de calidad y nivel de vida con la posesión de bienes materiales.

Pero, ¿qué hacemos con los materiales que ya no nos son útiles? Generalmente los arrojamos al cesto de

basura y entregamos al carro recolector el que los va a depositar a un gran vertedero sin someterlos a ninguna clase de tratamiento. Esto crea muchos inconvenientes, puesto que representan un peligro evidente para la salud pública a causa de la fermentación lenta y descontrolada de las basuras, convirtiendo al vertedero en un foco de infecciones. Además se producen olores pestilentes y existe la posibilidad de que se produzcan incendios peligrosos que puedan dañar la ecología del lugar.

Una forma de menguar estos inconvenientes es tratar de aprovechar las basuras. Esto incluye primero la decisión de qué tipo de desechos se va a recuperar y luego la selección y venta a industrias que los transformarán en productos nuevamente útiles al consumo de la sociedad.

Uno de los materiales más utilizados en nuestra sociedad son los metales, y de éstos los más importantes en ingeniería son los ferrosos. Las industrias nacionales se encuentran en una situación de dependencia externa de estos materiales, lo que implica una salida de divisas, tan necesarios para otros fines.

Con la idea de solucionar el problema de la basura, la Municipalidad de Guayaquil adquirió en 1979, una

planta procesadora, la que lamentablemente no ha sido instalada y en la actualidad, debido al deterioro de las máquinas y equipos, es cada vez más difícil que esto se efectúe. Es por eso que en este Proyecto de Grado se busca una nueva alternativa de solución tomando en consideración la recuperación de los desechos ferrosos, algo que no se había realizado en anteriores trabajos. Desde el punto de vista sanitario, ecológico y como fuente de materias primas, la alternativa es justificable.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 LOS DESECHOS SOLIDOS: DEFINICION Y CLASIFICACION

Se considera desechos sólidos urbanos los productos siguientes:

- Desperdicios procedentes de la actividad doméstica como pueden ser las latas, restos de vidrio, plásticos, restos de carne, incluso objetos indebidos pero que se introduzcan a las horas de recogida en los recipientes o sacos que se halla determinado y colocado en los lugares señalados para la recogida.
- Desperdicios de establecimientos comerciales, oficinas, patios y jardines privados con un volumen o peso máximo a determinar por cada Municipio.
- Todos los productos procedentes de la limpieza de las calles.
- Productos recogidos en la limpieza de mercados y toda clase de lugares públicos.
- Desperdicios de escuelas, hospitales y cualquier otro edificio público.

- Cualquier objeto abandonado en la vía pública, incluyendo excrementos de animales.

No están incluidas en las basuras urbanas:

- Los escombros procedentes de trabajos públicos o privados.
- Los desechos provenientes de actividades industriales.
- Restos anatómicos e infecciones procedentes de hospitales o clínicas, los cuales deben ser incinerados en el respectivo centro.

Ni el Municipio, ni el servicio de recolección de basuras tienen la obligación de retirar estos productos, pudiéndose establecer acuerdos especiales con pago del coste que suponga la prestación de este servicio extraordinario.

Los desechos sólidos se pueden clasificar en base a los siguientes criterios:

a) Por su composición:

- Metales,
- plásticos,
- cauchos,
- fibras textiles,
- papeles,

- vidrios,
- maderas,
- materias inertes,
- desperdicios orgánicos.

b) Por su origen:

- Urbanos,
- industriales,
- mineros,
- agrícolas,
- ganaderos,
- forestales.

Por sus fuentes, los desechos sólidos urbanos son:

- Domésticos o residencias. Son generados en los domicilios familiares y multifamiliares, apartamentos, etc.
- Comerciales. Son desechos generados en almacenes, restaurantes, supermercados, oficinas de edificios, hoteles, imprentas, etc.
- De áreas abiertas. Estos desechos provienen de calles, callejones, parques, lotes vacíos, sitios de recreo, playas, carreteras, etc.

2.2 TRATAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS.

Las operaciones fundamentales que exige el

tratamiento de los desechos sólidos son de tres tipos: recogida y transporte, eliminación y aprovechamiento.

Se entiende por recogida a la retirada de los cestos o fundas de basuras domésticas, situados en las aceras de calles y avenidas, su vaciado en los camiones recolectores y el transporte a un lugar donde se cumplirán las otras operaciones de aprovechamiento.

La eliminación es la operación por la cual nos deshacemos de los desechos sólidos. Es el sistema más practicado en todo el mundo, porque por mucho que se mejoren las técnicas de aprovechamiento de desechos, siempre habrá que eliminar una cantidad considerable.

El aprovechamiento es una alternativa de tratamiento de basuras en la que los desechos no son destruidos sino que de alguna manera se busca la reutilización de estos ya sea recuperándolos directamente de las basuras o transformándolos en otros productos.

Desde las fuentes de producción de desechos, estos pueden ser recogidos y luego transportados a un sitio donde posteriormente serán eliminados y/o aprovechados. Desde la misma fuente, los residuos también pueden ser aprovechados antes de ser recogidos y eliminados (fig. 2.1).

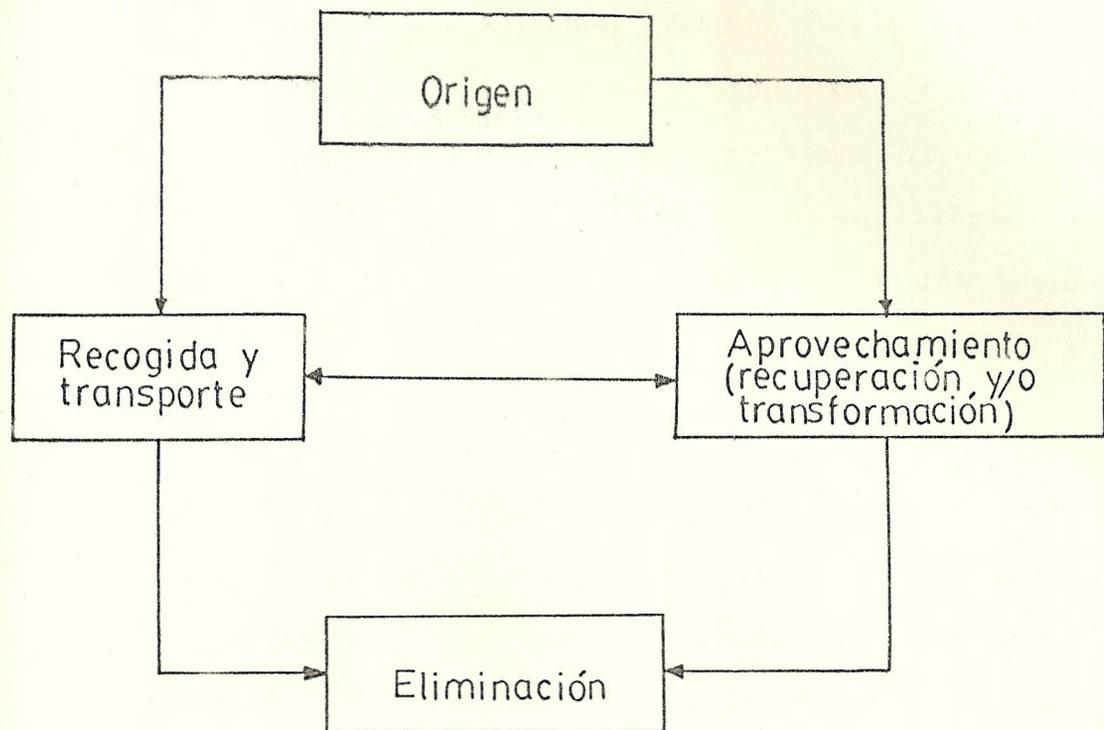


Fig. 2.1 Operaciones fundamentales en el tratamiento de los desechos sólidos

2.2.1 ELIMINACION.

Los métodos de eliminación más utilizados son:

- a) **DESCARGA BRUTA.** Es el método más rudimentario y consiste en verter directamente las basuras en lugares alejados de los centros urbanos.

En algunas zonas rurales, una parte de la basura es utilizada en estado natural como fertilizante. Sin embargo, las basuras aportan no sólo materia orgánica, sino también vidrios, plásticos y metales, elementos que pueden perjudicar al terreno e inclusive a la

maquinaria agrícola. Además desde el punto de vista técnico, este tipo de fertilizante presenta la desventaja de retrasar el desarrollo de los cultivos, debido al desequilibrio en la relación C/N de la composición de las basuras, lo que exige el uso de abonos nitrogenados como medida correctiva (8).

b) **VERTIDO CONTROLADO.** Este procedimiento consiste en apisonar las basuras y cubrirla con material de relleno de espesores adecuados. De acuerdo al tipo de fermentación, existen dos métodos de vertido controlado, estos son:

- **FERMENTACION AEROBIA.** Por este procedimiento, las basuras se vierten sobre el terreno en capas de 1.5 a 2.5 m de espesor. La altura se limita para evitar una compresión excesiva que impida la penetración de aire en el interior de la masa de basuras, ya que la aeración es imprescindible para este tipo de fermentación.

Antes de añadir una nueva capa hay que esperar hasta que la fermentación haya terminado; es decir, hasta que la temperatura de la basura depositada descienda a la normal del suelo. Si las capas son muy gruesas, la fermentación es muy lenta y la superficie del vertedero debe

ser mayor. Por otra parte, cuando el espesor se limita a 2.50 m, la temperatura no se eleva demasiado durante la fermentación, evitándose los riesgos de inflamación espontánea.

Antes de transcurridas 72 horas desde su descarga, la basura debe ser cubierta con tierra, cal o arena. Una cobertura de 10 a 30 cm de espesor evita la afluencia de moscas o roedores.

- **FERMENTACION ANAEROBIA.** Este procedimiento se basa en una trituración previa de las basuras y su posterior compactación. Este procedimiento permite suprimir las capas de cobertura intermedias con una reducción de volumen y el mejor aprovechamiento del espacio disponible. La fermentación es anaerobia porque no necesita de la presencia del oxígeno del aire.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL VERTIDO CONTROLADO.

Las ventajas más importantes del proceso de vertido controlado son:

- En aquellos casos en los que se dispone de terrenos baratos, este método es el más económico.

- La inversión inicial es muy baja.
- Este sistema hace que desaparezcan todos los desechos aparentes, puesto que se entierra la totalidad de las basuras.
- Una vez efectuada la fermentación, se obtiene un terreno rico en humus que, al cabo de 2 a 3 años, puede emplearse como tierra de cultivo con abundante materia orgánica.

Los principales inconvenientes son:

- Existe una gran dificultad para encontrar un terreno aceptable desde los puntos de vista económico y social, especialmente en zonas próximas a las urbanizaciones.
- Quedan enterrados restos no fermentables.

c) **INCINERACION.** Este método consiste en introducir las basuras en un horno crematorio donde, al elevarse la temperatura, los residuos se secan y alcanzan posteriormente el punto de inflamación.

Hay dos tipos fundamentales de instalaciones de incineración, estos son:

- Sin recuperación de calor.

- Con recuperación de calor.

Las instalaciones sin recuperación de calor usan un horno refractario donde, una vez que los desechos se inflaman, se introduce el aire necesario para la combustión y, cuando ésta ha concluído, los residuos y cenizas se evacuan. Para mejorar el rendimiento, el secado se efectúa con los humos de la combustión, empleando un intercambiador de calor en contracorriente. Ahora bien, para evitar malos olores, el secado y la combustión se efectúan en el propio horno; los gases del secado se desprenden de la cámara de combustión en donde la elevada temperatura destruye los residuos volátiles malolientes. Para iniciar la combustión se utiliza generalmente el fuel-oil (8).

Las instalaciones de incineración con recuperación de energía pueden, en parte, considerárselos como un sistema de aprovechamiento, pues permiten la utilización de la energía producto de la combustión en forma de vapor y de electricidad. Para esto, los materiales combustibles constituyentes de la basura: papeles, cartones, plásticos, maderas, son quemados en calderas especiales para

producir vapor y mover las turbinas acopladas a generadores eléctricos. En muchas plantas de procesamiento de basuras urbanas, este tipo de instalación no ha tenido éxito por problemas económicos y dificultades técnicas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INCINERACION

Entre las ventajas del proceso de incineración figuran las siguientes:

- Es el procedimiento en el que se obtiene la mayor reducción de volumen.
- La instalación de incineración requiere muy poco espacio.
- La acción de la combustión elimina ciertas sustancias contaminantes tales como grasas y pinturas, que dificultan especialmente el aprovechamiento de los desechos metálicos.

Los principales inconvenientes son:

- Los costos de las instalaciones de incineración son elevados.
- En la incineración se producen residuos, cuya evacuación produce contaminación del aire.
- En este proceso se destruyen productos que se

pueden comercializar, tales como papeles y plásticos. Por el contrario, si estos desechos no son incinerados, disminuye el poder calorífico lo que dificulta el buen funcionamiento del incinerador.

- En algunas ciudades es mucho más rentable recuperar papel y plástico que quemarlo.

2.2.2 APROVECHAMIENTO.

Mediante el aprovechamiento se trata de devolver, en lo posible al consumo de la sociedad, las sustancias y energías presentes en la basuras.

Las operaciones de aprovechamiento son la separación y concentración selectiva, recuperación y transformación (fig. 2.2).

SEPARACION Y CONCENTRACION SELECTIVA.

La importancia de estos procesos proviene de la heterogeneidad de los componentes de los desechos urbanos.

Se trata de liberar los componentes con el doble objetivo de conocer la composición de las basuras, sus variaciones y tendencias, y de obtener productos utilizables ya sea directamente o después de sometidos a procesos de recuperación y

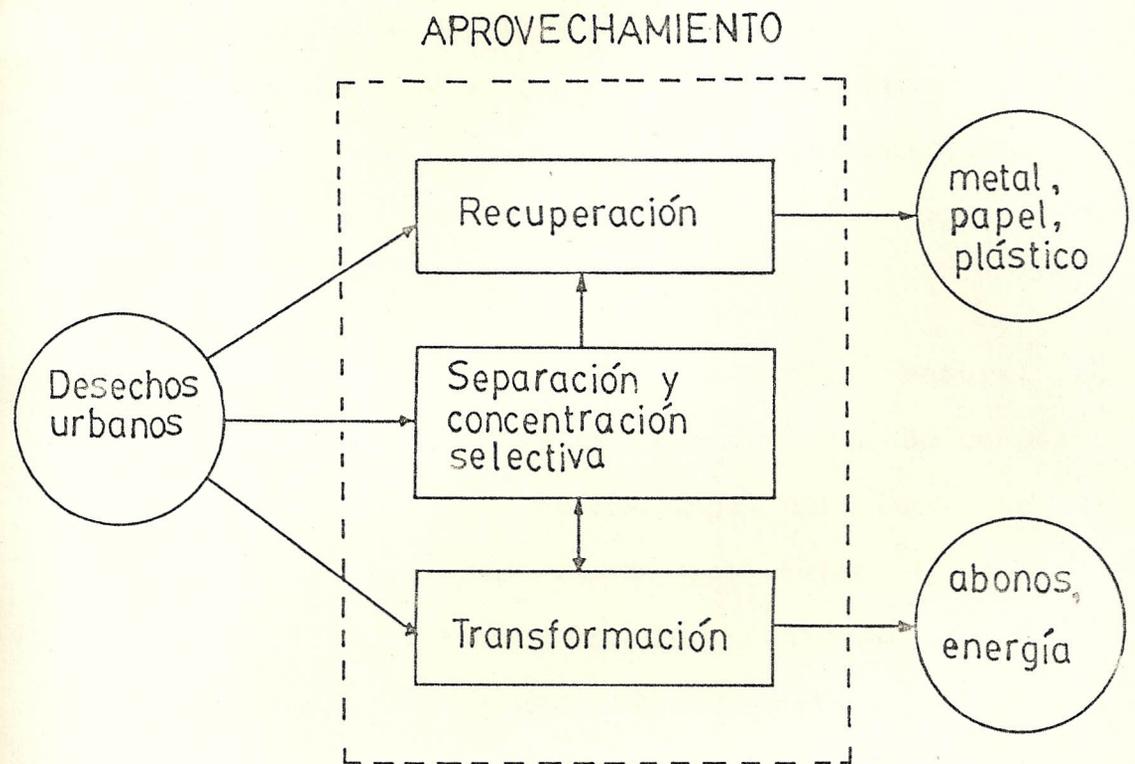


Fig. 2.2 Aprovechamiento de los desechos sólidos

transformación.

RECUPERACION.

Por recuperación se entiende al rescate en su forma original de materiales incluidos en los desechos sólidos para usarlos nuevamente con los mismos fines o para aplicaciones secundarias.

Los principales productos objeto de recuperación son: papel y cartón, plásticos, metales.

TRANSFORMACION.

Las operaciones de transformación se aplican fundamentalmente a las fracciones orgánicas de los residuos. El proceso de transformación más utilizado en los países industrializados es el compostaje.

a) **COMPOSTAJE.** Por este método, la basura se transforma en un abono orgánico llamado compost. El proceso del compostaje se basa en la fermentación bacteriana que sufre la materia orgánica existente en los residuos sólidos y líquidos al estar en presencia del aire, convirtiendo a dicha materia orgánica en otra más estable. Los agentes de este proceso son bacterias aerobias termófilas.

Los tipos de residuos que mejor se prestan al compostaje son los que tienen fracciones fermentables, tales como los desechos de mercados, los agrícolas, los de las industrias de alimentación y las aguas negras. Aparte de otras condiciones, los materiales adecuados para este proceso deben tener un alto contenido en materias orgánicas fermentables por lo que las materias inertes no deben superar el 35% (8).

Las características más importantes del compost son:

- Relación C/N inferior al 20%.
- Materia orgánica superior al 40% en peso.
- Humedad inferior al 40% en peso.
- No contiene gérmenes patógenos.

La relación C/N es útil para los procesos de humidificación en el suelo. La materia orgánica es la que otorga el valor como fertilizante al compost; ésta proporciona:

- Substancias agregantes del suelo , volviéndolo grumoso y haciéndolo estable a la acción de las lluvias.
- Acidos orgánicos y alcoholes (esto durante su descomposición), que son fuentes de carbono, elemento que ayuda a la nutrición de las raíces y favorece la asimilación de clorofila por parte de las hojas.

Como fertilizante, el compost es comparable a un buen estiércol, ligeramente más rico en fosfatos que éste, pero menos rico en potasa.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL COMPOSTAJE.

Entre las ventajas del compostaje como procedimiento de eliminación de basuras urbanas

pueden citarse las siguientes:

- Aprovechamiento de las basuras para obtener un producto final útil al suelo.
- Es el método más económico para producir un compuesto húmico.
- No hay contaminación del ambiente durante el proceso.

Entre las desventajas de este método figuran las siguientes:

- Necesita más espacio que la incineración.
- La descarga de basuras produce olores que hay que eliminar montando instalaciones de ventilación.
- La calidad del compost obtenido varía en función de la composición de las basuras frescas, especialmente del contenido de materia orgánica.

b) OTROS PROCEDIMIENTOS. En países altamente industrializados, se están desarrollando nuevos métodos de transformación, tales como:

- Compresión a alta presión. Con este procedimiento, se obtiene dos tipos de

productos: por un lado bloques de materia seca y comprimida que puede ser útil como material de construcción; y, por otro lado, desechos extremadamente cargados de materia orgánica que pueden utilizarse como abono orgánico.

- Pirólisis. Consiste en quemar las basuras pero en ausencia de oxígeno. Se obtiene productos carbonizados, líquidos condensados y gases combustibles que pueden ser empleados en la misma instalación.

2.3 RECUPERACION DE LOS DESECHOS METALICOS.

LOS DESECHOS METALICOS.

Los desechos metálicos son más conocidos con el nombre de chatarras. Las chatarras de metales ferrosos, provenientes de basuras urbanas, están constituidos principalmente por envases de hojalata, chapas de estampación, varillas, tubos, chapas galvanizadas, juguetes, etc.

IMPORTANCIA DE LOS DESECHOS METALICOS.

Actualmente, sobre todo en los países industrializados, se tiende a disminuir las importaciones de minerales intensificando la recuperación y el reciclado de los desechos metálicos. El interés se centra principalmente en el

hierro, aluminio y cobre.

En la tabla 2.1 se presentan los datos relativos al papel que desempeñan los desechos metálicos urbanos en la producción de diversos materiales en los Estados Unidos. La tercera columna numérica expresa el porcentaje que representa la recuperación, a partir de desechos, en la producción de metales. A su vez la quinta columna pone de manifiesto el porcentaje adicional, referido igualmente a la producción, contenido en los residuos sólidos urbanos. Hay que anotar que los datos de la segunda columna provienen tanto de los desechos industriales como de los urbanos. Por ejemplo, en el caso del hierro y acero, el 27.7% que representaron los desechos en la producción de estos metales estuvo repartido entre un 16.6% para la chatarra industrial, un 6.9% proveniente de la manufactura de productos metálicos y un 4.2% de desechos urbanos. Esto último indica que sólo 1.5 millones de toneladas de desechos urbanos ferrosos fueron recuperados y posteriormente reciclados; sin embargo, se estima que la cantidad disponible es mucho mayor, de 10 a 14 millones de toneladas (8).

La cantidad de desechos metálicos que se producen en los Estados Unidos se estima en 150 millones de toneladas anuales. Unos 110 millones son de alguna

TABLA 2.1

CONTRIBUCION DE LOS DESECHOS METALICOS A LA PRODUCCION
DE METALES EN LOS ESTADOS UNIDOS, 1976

| PRODUCTO | Producción anual, millones Ton | | | Estimación de la cantidad adicional disponible en los desechos sólidos urbanos, millones Ton | % |
|----------------|--------------------------------|------------------------|------|--|-----------|
| | TOTAL | Procedente de desechos | % | | |
| Hierro y acero | 130 | 36 | 27.7 | 10 - 14 | 7.7-10.8 |
| Aluminio | 3.8 | 1 | 26.3 | 1 - 1.2 ^(a) | 26.3-31.6 |
| Cobre | 3.2 | 1.4 | 43.8 | 0.50 | 15.6 |
| Cinc | 1.9 | 0.4 | 21.1 | | 26.3 |
| Estaño | 0.08 | 0.023 | 28.8 | 0.03 | 37.5 |

(a) El 70% procedente de latas.

FUENTE: Lora F. y Miró J., "Técnicas de Defensa del Medio Ambiente", 1978.

manera aprovechados, mientras que 20 millones van a dar a vertederos y escombreras y el resto se encuentran dispersos. De los 110 millones de toneladas aprovechadas, solamente 3.5 millones corresponden a chatarra de metales no ferrosos, sin embargo, el valor de su comercialización fue alrededor de 2500 millones de dólares de un total de 5500 millones (8).

En Francia, el 30% de las materias primas utilizadas en la industria siderúrgica nacional provienen de la recuperación y reciclado de desechos metálicos

procedentes de las basuras urbanas e industriales, mientras que un 50% provenía de la importación de minerales y un 20% de la producción minera nacional. En 1976, de 13 millones de toneladas de basuras urbanas recogidas, 390 mil toneladas correspondían a hierro, 35 mil toneladas a aluminio y 20 mil toneladas a cobre (12).

Pero la recuperación de desechos metálicos no sólo permite ahorrar materia prima sino también energía. Por ejemplo, la recuperación de una tonelada de acero, de cobre y de aluminio, permite economizar respectivamente 7500, 13000 y 60000 KWH de energía que se necesitarían para la producción de una tonelada de estos metales desde minerales (12).

2.3.1 SEPARACION DE DESECHOS FERROSOS DE ENTRE LAS BASURAS.

Los desechos metálicos ferrosos se pueden recuperar entre las basuras mediante:

a) SEPARACION MANUAL.

Hace uso de los sentidos del hombre aprovechando las propiedades físicas de los metales como el brillo, textura, color, peso específico.

b) SEPARACION MAGNETICA.

Esta recuperación se efectúa utilizando separadores electromagnéticos. Estos aparatos transforman la energía eléctrica en un campo magnético, el que atrae a los residuos de hierro y acero.

CAPITULO III

LA BASURA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.1 PRODUCCION DE BASURA.

PRODUCCION PER CAPITA DE BASURA.

A la cantidad de desechos que generan en un día los habitantes de una ciudad se denomina PRODUCCION PER CAPITA DE BASURA; ésta se expresa en kg/hb-d.

La generación de basuras por habitante está influenciada por varios factores tales como la situación geográfica, el clima, la vida útil de un producto, la existencia de una legislación sobre la conservación del medio ambiente y principalmente de las características de consumo de la población. Las operaciones de recuperación y reciclaje de desechos afectan definitivamente en la cantidad de basura recogida, pero no se puede afirmar que afecten en la generación de residuos.

En la tabla 3.1 se muestra la producción per cápita de basuras en algunas ciudades del orbe. Se observa de esta tabla que los habitantes de Estados Unidos son los mayores productores de basura; en este país, el valor promedio de generación per cápita es de

1.6 kg/hb-d (11). En los países en vías de desarrollo, se produce menos basura per cápita: de 0.2 a 0.9 kg/hb-d (2).

TABLA 3.1

PRODUCCION PER CAPITA DE BASURA
EN ALGUNAS CIUDADES DEL MUNDO

| CIUDAD | PRODUCCION (kg/hb-d) |
|----------------|-------------------------|
| Los Angeles | 2.9 |
| Filadelfia | 2.6 |
| Chicago | 2.3 |
| Nueva York | 1.8 |
| Tokio | 1.4 |
| Paris | 1.1 |
| Toronto | 1.1 |
| Hamburgo | 0.9 |
| México D.F. | 0.9 |
| Rio de Janeiro | 0.9 |
| Bogotá | 0.8 |
| Roma | 0.7 |

FUENTE: Revista "La Pura Verdad", 1989

TASA COMBINADA DE GENERACION DE BASURAS.

La producción per cápita de basura se refiere a los desechos domésticos, por lo que para determinar la producción de basuras urbanas hay que considerar a las basuras procedentes de la limpieza de las calles y las basuras del comercio. A la suma de estos

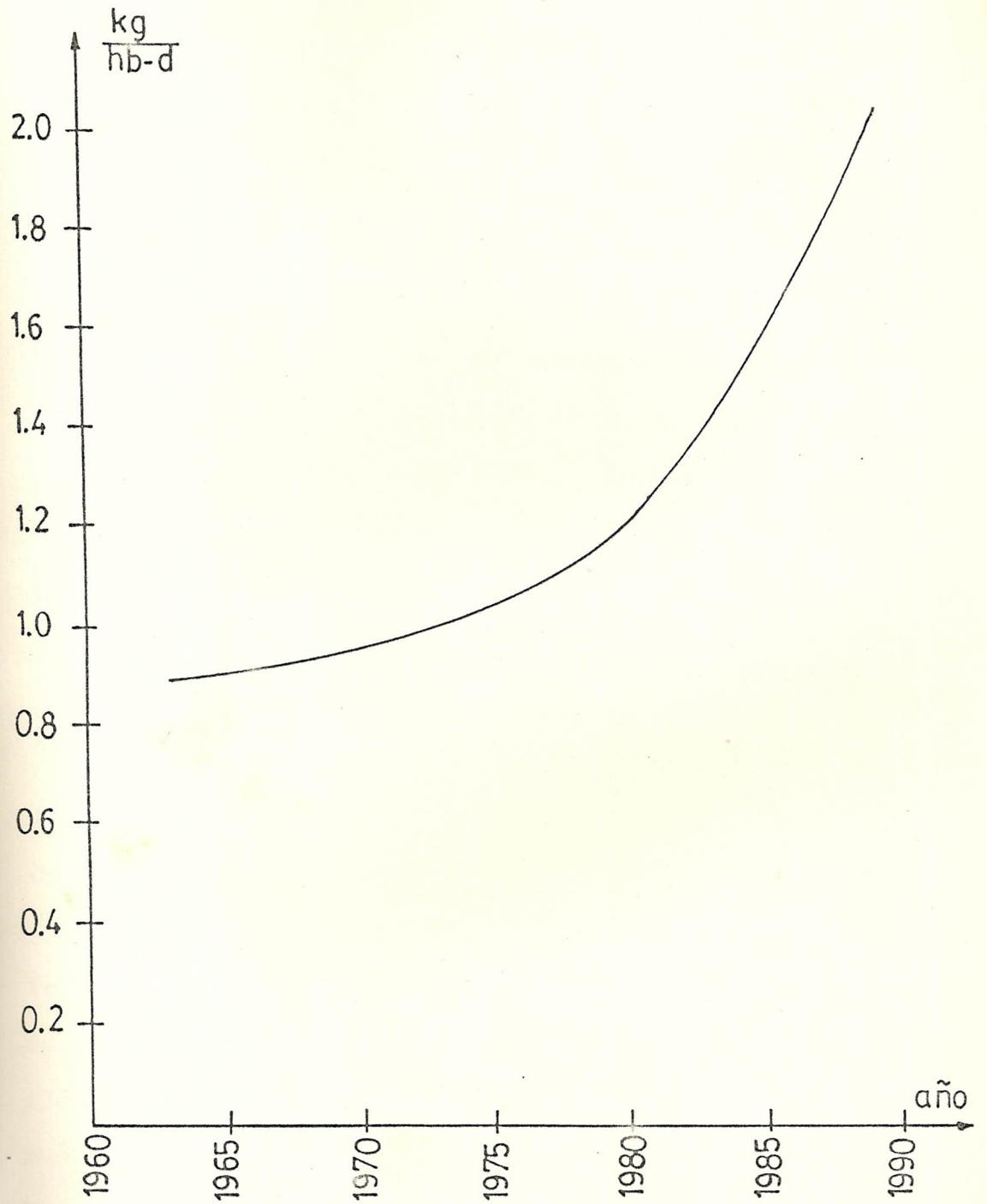


Fig. 3.1 Producción de basura por habitante en áreas metropolitanas de Estados Unidos

valores se denomina TASA DE GENERACION DE BASURAS URBANAS. Para los países en vías de desarrollo, estos valores son: 0.10 kg/hb-d debido a los desechos comerciales y 0.03 kg/hb-d debido a los desechos de las calles (7); en los Estados Unidos, estos valores son: 0.3 kg/hb-d para desechos comerciales y 0.05 kg/hb-d debido a los desechos de las calles (11).

La producción per cápita de basura de Guayaquil fue, en 1978, de 0.49 kg/hb-d (2). Este valor fue determinado por CENDES considerando dos características, a saber:

Cantidad media de basura doméstica

recolectada por día 453.3 Ton

Población de la ciudad 930000 hb

Producción per capita

$$\text{de basura} = \frac{453.5 \text{ Ton/d}}{930000 \text{ hb}} = 0.49 \frac{\text{kg}}{\text{hb-d}}$$

Pero, la tasa de generación de basura no es constante, aumenta año a año en forma exponencial (13) como se puede observar en la fig. 3.1, donde se muestra la producción promedio de basura por habitante en áreas metropolitanas de Estados Unidos.

Una ecuación exponencial (1) que estime esta tasa es de la forma:

$$p = p_0 e^{\epsilon(a-a_0)} \quad (3.1)$$

donde, p = producción per cápita de basura, kg/hb-d

p_0 = producción per cápita de basura para el
año de referencia, kg/hb-d

ϵ = constante

a = año

a_0 = año de referencia

La constante ϵ queda determinada por la ecuación:

$$\epsilon = \frac{\ln(p_1/p_2)}{a_1 - a_2} \quad (3.2)$$

donde, p_1 = producción per cápita de basura para el
año a_1

p_2 = producción per cápita de basura para el
año a_2

En la reunión consultiva sobre sistemas de aseo urbano de América Latina producido por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), celebrada en Lima en agosto de 1990, se indicó que Guayaquil produjo en 1989 aproximadamente 0.6 kg/hb-d de basura urbana.

Reemplazando valores en la ecuación (3.2):

$$\epsilon = \frac{\ln(0.49/0.60)}{1978 - 1989} = 0.0184$$

TABLA 3.2

PROYECCION DE LA TASA COMBINADA DE
GENERACION DE BASURA EN GUAYAQUIL
(1989-2000)

| AÑO | TASA (kg/hb-d) |
|------|-------------------|
| 1989 | 0.73 |
| 1990 | 0.74 |
| 1991 | 0.75 |
| 1992 | 0.76 |
| 1993 | 0.78 |
| 1994 | 0.79 |
| 1995 | 0.80 |
| 1996 | 0.81 |
| 1997 | 0.83 |
| 1998 | 0.84 |
| 1999 | 0.85 |
| 2000 | 0.86 |

TABLA 3.3
 PROYECCION DE LA PRODUCCION DE
 BASURA EN GUAYAQUIL
 (1989-2000)

| AÑO | POBLACION (hb) | PRODUCCION DE BASURA (Ton/d) |
|------|-------------------|---------------------------------------|
| 1989 | 1 699 314 | 1 240.5 |
| 1990 | 1 764 649 | 1 305.8 |
| 1991 | 1 835 217 | 1 376.4 |
| 1992 | 1 907 288 | 1 449.5 |
| 1993 | 1 980 470 | 1 544.8 |
| 1994 | 2 052 436 | 1 621.4 |
| 1995 | 2 126 563 | 1 701.3 |
| 1996 | 2 221 173 | 1 799.2 |
| 1997 | 2 322 083 | 1 927.3 |
| 1998 | 2 425 633 | 2 037.5 |
| 1999 | 2 535 840 | 2 155.5 |
| 2000 | 2 648 903 | 2 278.1 |

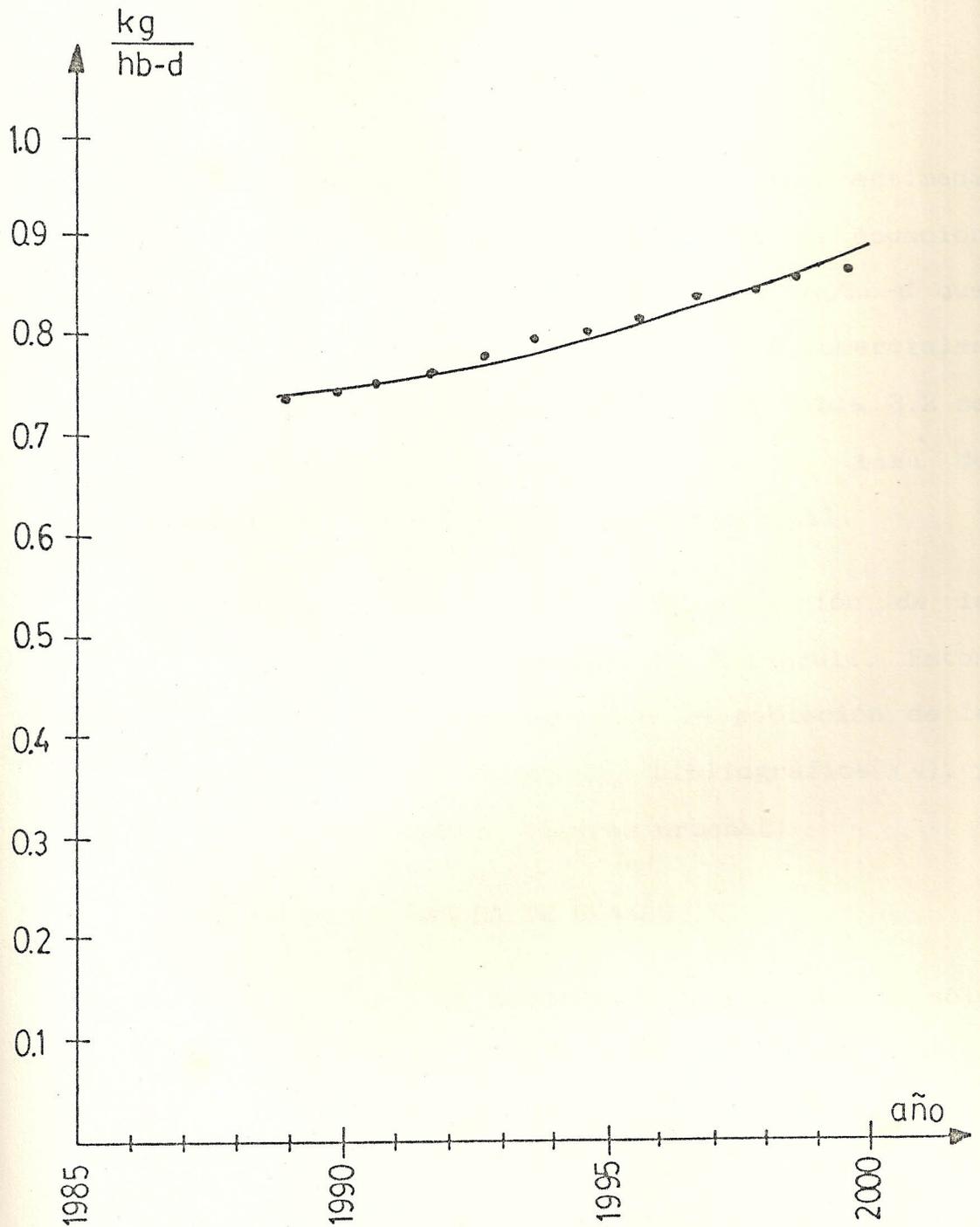


Fig. 3.2 Tasa combinada de generación de basura en Guayaquil

Tomando como referencia el año 1989, la ecuación (3.1) queda:

$$p = 0.6 e^{0.0184(a-1989)} \quad (3.3)$$

La tasa de generación de basuras urbanas es estimada considerando los valores obtenidos con la ecuación 3.3 con los valores 0.1 kg/hb-d y 0.03 kg/hb-d que corresponden a la producción de desechos comerciales y de las calles respectivamente. En la tabla 3.2 se muestran los valores estimados de la tasa de generación de basuras urbanas para Guayaquil.

En la tabla 3.3 se indica la proyección de la producción de basuras urbanas en Guayaquil. Estos valores se obtienen considerando la población de la ciudad, tomado de la referencia bibliográfica (4), y la tasa de generación de basuras urbanas.

3.2 COMPOSICION DE LA BASURA DE GUAYAQUIL.

La composición de las basuras de una ciudad no sólo varía con el tiempo, sino que depende de varios factores: del nivel de vida de la población, de la estación del año, del clima, del caracter industrial, comercial o marítimo. Estos factores dan una característica propia a la basura de cada ciudad.

De manera general, en las basuras urbanas se encuentran las siguientes clases de materias:

- Materias recuperables. Son productos no fermentables lo que hace posible su recuperación. Están constituidos por residuos de papel y cartón, fibras textiles, plásticos, metales, vidrio.
- Materias transformables. Son productos fermentables debido a su relativa rápida descomposición, lo que hace posible su transformación en abonos. Están constituidos principalmente por la materia orgánica.
- Materias finas. Son productos que no son transformables ni recuperables. Están constituidos por polvos y cenizas.

En la tabla 3.4 se muestra la composición media de la basura en países industrializados en 1978 y su proyección para 1990. De esta tabla se puede observar que estos países tienen un alto contenido de polvos y cenizas, un alto contenido de productos recuperables: papel, cartón, metales, vidrio y un contenido medio de materia orgánica. Se puede observar también que las materias finas tienden a disminuir (debido principalmente al control de la polución y a la disminución en el consumo de hidrocarburos), que los productos recuperables, especialmente el papel, tienden a aumentar y que las materias orgánicas tiende a disminuir. En los países en vías de

TABLA 3.4

EVOLUCION DE LA COMPOSICION DE LAS BASURAS EN LOS PAISES INDUSTRIALIZADOS

| MATERIALES | COMPOSICION (%) | |
|---------------------|-----------------|-------|
| | 1978 | 1990 |
| Papeles y cartones | 5-25 | 30-65 |
| Plásticos y cauchos | 3-7 | 8-10 |
| Textiles y trapos | 2-5 | 5-7 |
| Metales | 3-8 | 4-13 |
| Vidrio | 1-7 | 4-16 |
| Polvo y ceniza | 30-60 | 14-17 |
| Materia orgánica | 8-35 | 10-15 |

FUENTES: CENDES, "Estudio de prefactibilidad de basuras urbanas", 1978

Lopez J., Vidal F. y Pereira J., "Basura urbana: Recogida, eliminación y reciclaje", 1976

desarrollo, las basuras urbanas se caracterizan por el poco contenido de materias finas, un menor contenido de papeles, plásticos y metales y un alto contenido de materia orgánica (5). Esto lo podemos observar de la tabla 3.5, en la que se compara la composición de las basuras urbanas en dos ciudades diferentes: Londres, Inglaterra y Mérida, Venezuela.

TABLA 3.5

COMPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS URBANOS

| COMPONENTE | Porcentaje en masa (*) | |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------|
| | Londres, Inglaterra | Mérida, Venezuela |
| Materia orgánica | 15.6 | 33.8 |
| Papeles y cartones | 42.5 | 28.5 |
| Plásticos y cauchos | 4.4 | 5.0 |
| Textiles y trapos | 1.3 | 3.6 |
| Metales | 10.6 | 9.6 |
| Vidrio | 13.1 | 10.3 |
| Polvo, cenizas, tierra, madera | 12.5 | 9.2 |

(*) Año 1980

FUENTE: Peavy H., Rowe D. y Tchobanoglous G., "Environmental Engineering", 1985.

El primer trabajo sobre la composición de la basura de Guayaquil se realizó en 1973 por la compañía británica Pencol Engineering Consultants, contratada por el Gobierno Británico en virtud de un contrato de ayuda técnica firmado con el Gobierno del Ecuador con el fin de asesorar al Municipio de Guayaquil en el aprovechamiento de las basuras en la ciudad. Para determinar la composición de la basura, Pencol tomó varias muestras de las basuras en la ciudad; los

resultados se muestran en la tabla 3.6 en la columna correspondiente al año de 1973.

En 1979, el M.I. Municipio de Guayaquil adquirió de Italia una planta procesadora de basura, la que por varios motivos no ha sido posible aun su puesta en funcionamiento. En 1984, el Consejo Cantonal de Guayaquil resolvió realizar un estudio de prefactibilidad para la instalación de dicha planta. En ese estudio se decidió efectuar un análisis de la composición de la basura de Guayaquil, porque no se tenía constancia de que la planta procesadora fue adquirida considerando dicha composición. Por este motivo se contrató a los profesionales: Ing. Mec. Oscar Villacrés Luna y Egdo. Ing. Mec. Gustavo Salazar, quienes trabajaron junto con el Ing. Mec. Marco Pazmiño, en aquel entonces Concejal del Cantón. Los resultados de las muestras, tomadas en el Botadero Municipal de Basura en octubre de 1984, se indican en la tabla 3.6, en la columna correspondiente a 1984.

Como es de esperar, actualmente la composición de la basura de Guayaquil es diferente a la de 1984; por esta razón se está realizando un nuevo estudio sobre esta composición efectuado por el señor Tomás Chávez como parte de su Proyecto de Grado. Los resultados de este estudio se muestran también en la tabla 3.6,

TABLA 3.6

COMPOSICION DE LA BASURA DE GUAYAQUIL.

| PRODUCTOS | PORCENTAJES (%) | | |
|-------------------------------------|-----------------|------|------|
| | 1973 | 1984 | 1989 |
| Materia orgánica | 70.0 | 61.2 | 57.8 |
| Papel y cartón | 15.5 | 18.3 | 20.2 |
| Plásticos y caucho | 1.7 | 5.6 | 10.9 |
| Metal | 1.2 | 2.4 | 2.6 |
| Vidrio | 2.0 | 2.0 | 1.4 |
| Textiles y trapos | 1.0 | 1.1 | 1.7 |
| Madera, piedras, cenizas, tierra | 11.6 | 9.4 | 5.4 |

FUENTES: CENDES, "Estudio de prefactibilidad de basuras urbanas", 1978

Pazmiño M., "Estudio de prefactibilidad para la instalación de la planta procesadora de basura de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, 1985

en la columna correspondiente a 1989.

En las fig. 3.3 y 3.4 se grafica la tendencia de la variación de la composición de la basura de Guayaquil. De la tabla 3.6 y su comparación con la tabla 3.4 se observa que la basura de Guayaquil presenta las siguientes tendencias y características:

- Una disminución en la proporción de la materia

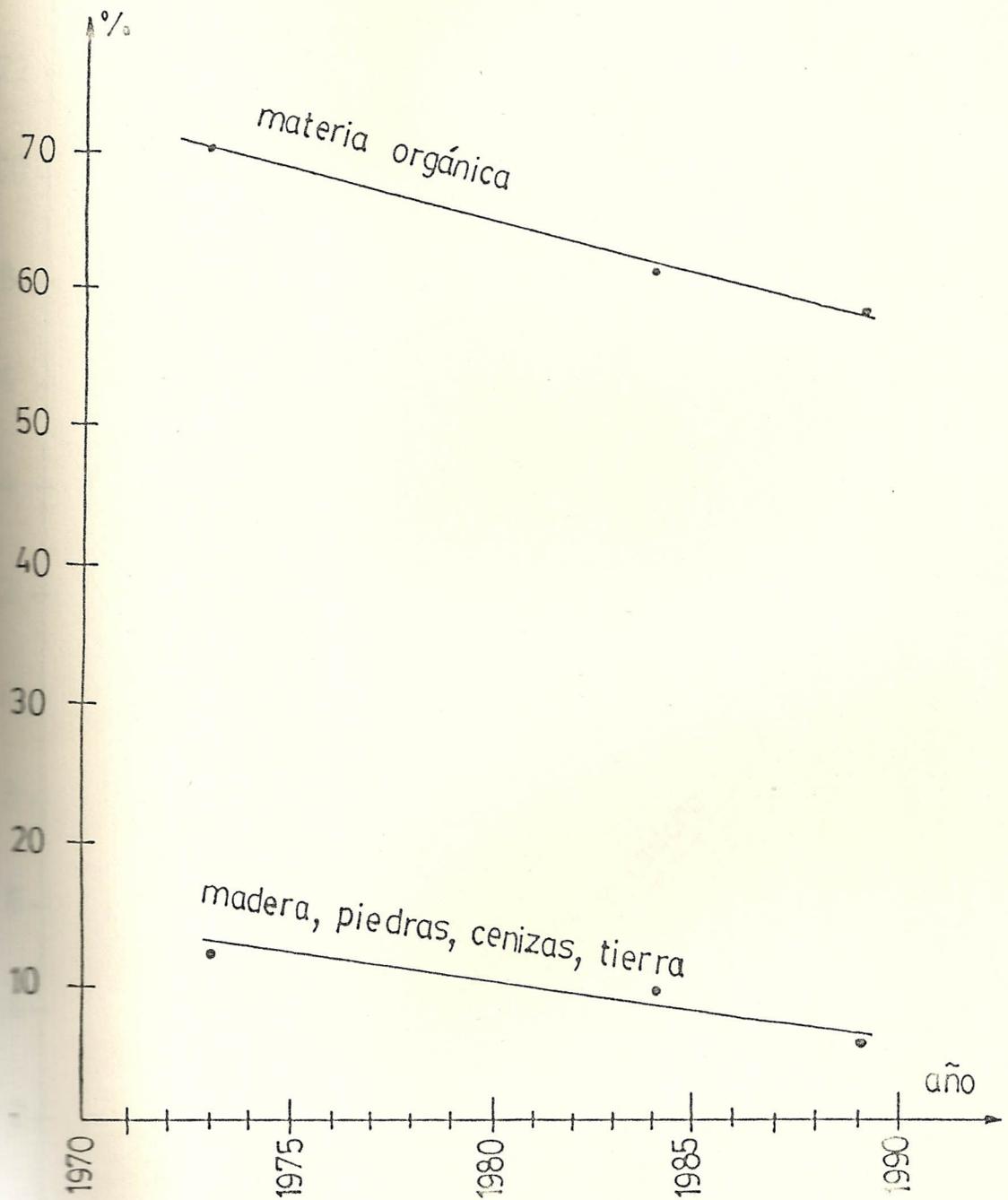


Fig. 3.3 Tendencia de la proporción de materia orgánica y madera, piedras, cenizas, tierra en la basura de Guayaquil

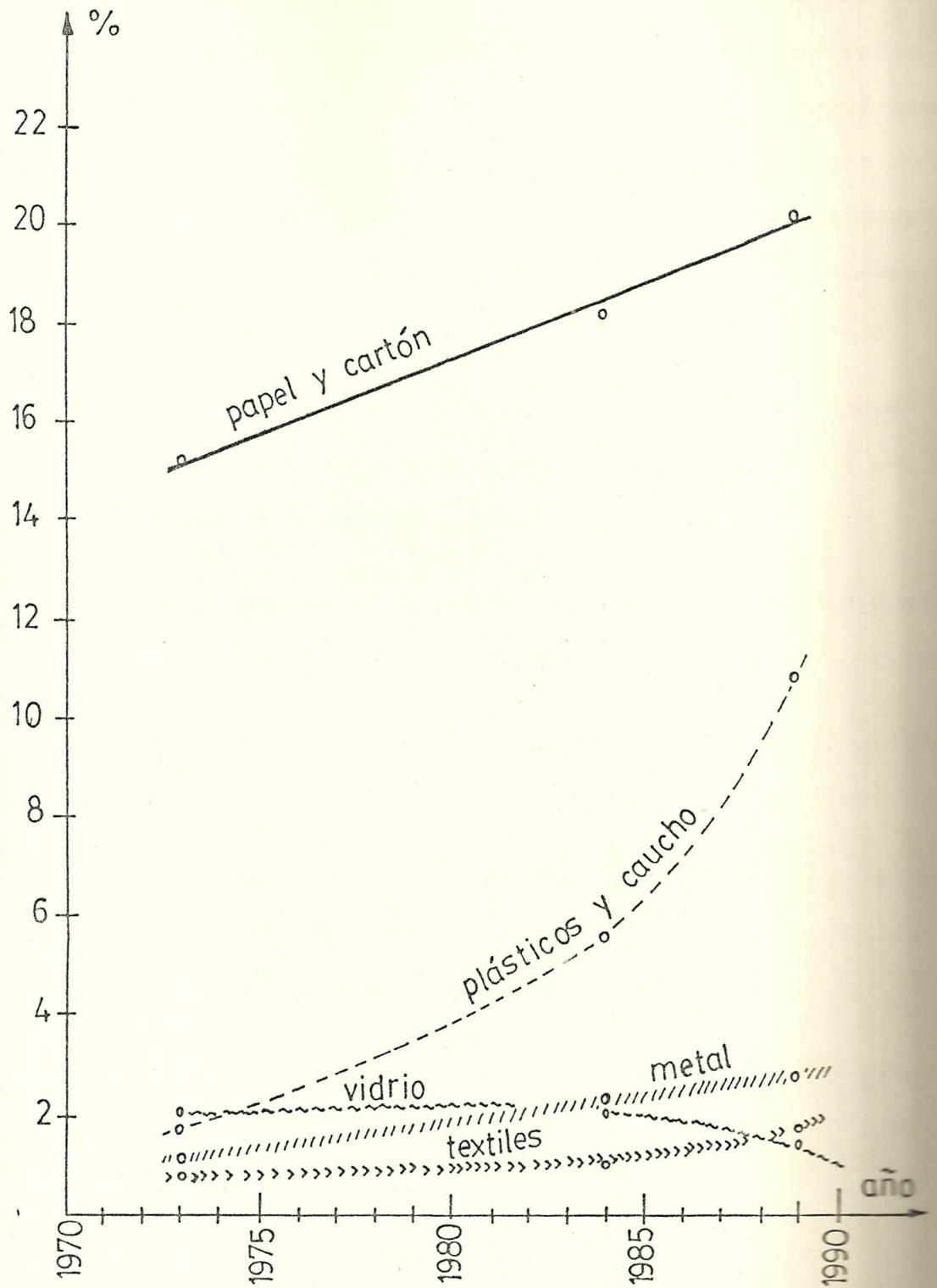


Fig. 3.4 Tendencia de la proporción de materia recuperable en la basura de Guayaquil

orgánica, aunque sigue constituyendo la mayor parte de la basura de Guayaquil; esta alta proporción de materia orgánica y el hecho de que Guayaquil tiene un clima cálido y húmedo hace que la basura de la ciudad sea propensa a descomponerse rápidamente. Frente a los países industrializados, la basura de Guayaquil presenta mucho más materia orgánica.

- Un aumento en papeles y cartones, aunque la proporción de estos materiales es menor que en los países industrializados.
- Un incremento en los plásticos, con una proporción que se asemeja a la de los países industrializados.
- Un incremento en los metales, con una proporción mucho menor que en los países industrializados.
- Un descenso en los vidrios, contrario a como sucede en los países industrializados y con una proporción mucho menor que en aquellos.
- Un leve incremento en las fibras textiles y trapos. La proporción es mucho menor que en los países industrializados.

3.3 PRODUCCION DE DESECHOS METALICOS.

En la fig. 3.4 se aprecia que la proporción de metales de entre las basuras urbanas de Guayaquil

tiene la tendencia a aumentar linealmente. Para estimar el porcentaje de los desechos metálicos hasta el año 2000, los datos disponibles se han extrapolado linealmente, mostrándose los resultados en la tabla 3.7, en donde también se presentan los valores de la producción de desechos metálicos.

TABLA 3.7

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE DESECHOS
METALICOS EN GUAYAQUIL.
(1989 - 2000)

| Año | Contenido de metales en la basura (%) | Producción de desechos metálicos (Ton/d) |
|------|--|---|
| 1989 | 2.6 | 32.3 |
| 1990 | 2.6 | 34.0 |
| 1991 | 2.7 | 37.2 |
| 1992 | 2.7 | 39.1 |
| 1993 | 2.8 | 43.3 |
| 1994 | 2.8 | 45.4 |
| 1995 | 2.8 | 47.6 |
| 1996 | 2.9 | 52.2 |
| 1997 | 2.9 | 55.9 |
| 1998 | 3.0 | 61.1 |
| 1999 | 3.0 | 64.7 |
| 2000 | 3.0 | 68.3 |

CAPITULO IV

COMERCIALIZACION DE LOS DESECHOS FERROSOS

4.1 RECUPERACION DE DESECHOS FERROSOS EN GUAYAQUIL

En Guayaquil, la recuperación de desechos ferrosos cumple con los siguientes objetivos:

- 1.- Suministra con materia prima a industrias y talleres
- 2.- Es una fuente de ingresos, para quienes de una u otra forma están vinculados a ella.

La recuperación se efectúa desde las viviendas hasta el botadero municipal de basura y existe, de manera general, dos tipos de recuperadores:

- 1^{ro} Los mercachifles más conocidos en nuestra ciudad como "cachineros". Son aquellas personas que compran, desde las viviendas, artículos domésticos en desuso a precios bajos para luego rematarlos elevando el precio.
- 2^{do} Los denominados "chamberos". Son aquellas personas que toman directamente de las basuras los desechos que van a comercializar. Los chamberos tradicionalmente han efectuado la

recuperación en el botadero municipal de basura (fig. 4.1), que es el sitio donde se produce la disposición final de los desechos urbanos de Guayaquil, si bien existe un pequeño número de ellos que recuperan estos desechos directamente de los depósitos de basura ubicados en aceras y esquinas de la ciudad. Los chamberos venden los desechos recuperados a los depósitos de chatarra quienes los suministran como materia prima a la industria local.

Es de notar que todo el proceso de recuperación y venta de desechos se produce sin la participación o incentivo del gobierno o municipio como ocurre en otros países; por ejemplo, en Davis, una pequeña localidad de California en Estados Unidos, sus residentes, por iniciativa del Municipio, separan manualmente periódicos, envases metálicos y botellas de vidrio en tarros diferentes que luego de ser ubicados en las aceras son separados por vehículos especiales para posteriormente ser vendidos a industrias (11).

CONTENIDO DE DESECHOS FERROSOS.

Para determinar la proporción de los desechos ferrosos dentro de los residuos metálicos, se efectuaron varias entrevistas en el botadero de

basura por las siguientes razones:

- 1.- Es el sitio de disposición final de las basuras urbanas de Guayaquil.
- 2.- A ella llega la mayor cantidad de los desechos generados.
- 3.- Es el sitio donde se producen las mayores operaciones de recuperación.

Se observó que en el botadero, un buen número de chamberos (aproximadamente unos 500) se dedican a labores de recuperación de desechos sólidos; la mayoría dedicada a seleccionar papel y plástico y un número menor a metales.

Los desechos ferrosos que son recuperados en el botadero de basura están constituidos por:

- Restos de acero de artículos domésticos, planchas, tubos, tanques.
- Restos de hierro fundido y de galvanizado.
- Envases de hojalata, tales como: botes de conservas, leche en polvo, latas de alimentos vegetales, botes de aerosol, etc.

En cuanto a los desechos no ferrosos, los más recuperados de la basura de Guayaquil son:

- Envases de aluminio, presentes como latas de cerveza, bebidas gaseosas y envases de aerosol.
- Alambres de cobre, provenientes de conductores eléctricos y de bobinados. Para eliminar el aislante de los alambres conductores, los chamberos los ponen a fuego para así derretirlo, lo que hace que posteriormente el cobre tome un color grisáceo.

Una vez amontonados los metales, se los clasifica para luego ser pesados en balanzas. Los resultados obtenidos de las entrevistas se indican en la tabla 4.1. De esta se obtiene que en promedio cada chambero recupera en un día 52.8 kg de acero, 11.3 kg de hojalata, 1.3 kg de otros metales ferrosos, 7.7 kg de aluminio y 4.2 kg de cobre.

La proporción de metales ferrosos es:

$$\text{Ferr.} = \frac{3378.7 + 721.2 + 83.8}{3378.7 + 721.2 + 83.8 + 490.0 + 267.5} = \frac{4183.7}{4941.2} = 0.847$$

Ferr. \approx 85%

Estos metales están constituidos principalmente por:

$$\text{Restos acero} = \frac{3378.7}{3378.7 + 721.2 + 83.8} = 0.808$$

Restos acero \approx 81%

TABLA 4.1

RECUPERACION DE DESECHOS METALICOS EN EL BOTADERO DE BASURA DE GUAYAQUIL

| Número de chambers por grupo entrevistado | Acero (kg/d) | Hojalata (kg/d) | Otros metales ferrosos (kg/d) | Aluminio (kg/d) | Cobre (kg/d) |
|--|-----------------|--------------------|--|--------------------|-----------------|
| 5 | 181.4 | 45.4 | 4.5 | 45.4 | 22.7 |
| 6 | 680.3 | 81.6 | 9.1 | 54.4 | 27.2 |
| 5 | 272.1 | 68.0 | 6.8 | 45.4 | 13.6 |
| 4 | 90.7 | 36.3 | 6.8 | 18.1 | 18.1 |
| 5 | 113.4 | 68.0 | 9.1 | 45.4 | 18.1 |
| 5 | 181.4 | 45.4 | 4.5 | 45.4 | 22.7 |
| 5 | 113.4 | 45.4 | 6.8 | 45.4 | 13.6 |
| 6 | 181.4 | 90.7 | 9.1 | 27.2 | 27.2 |
| 8 | 907.0 | 90.7 | 13.6 | 45.4 | 36.3 |
| 4 | 68.0 | 36.3 | 4.5 | 18.1 | 18.1 |
| 5 | 136.1 | 45.4 | 4.5 | 45.4 | 22.7 |
| 6 | 453.5 | 68.0 | 4.5 | 54.4 | 27.2 |

TOTAL 64 3378.7 721.2 83.8 490.0 267.5

$$\text{Envases hojalata} = \frac{721.2}{3378.7+721.2+83.8} = 0.172$$

Envases hojalata \approx 17%

$$\text{Otros restos ferrosos} = \frac{83.8}{3378.7+721.2+83.8} = 0.02$$

Otros restos ferrosos \approx 2%

Con estos resultados y conociendo la producción de desechos metálicos en la ciudad, se obtiene la producción correspondiente a los desperdicios ferrosos, la que se indica en la tabla 4.2.

TABLA 4.2

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE
DESECHOS FERROSOS EN GUAYAQUIL
(1989-2000)

| AÑO | PRODUCCION DE DESECHOS FERROSOS (Ton/d) |
|------|---|
| 1989 | 27.1 |
| 1990 | 28.6 |
| 1991 | 31.2 |
| 1992 | 32.8 |
| 1993 | 36.3 |
| 1994 | 38.1 |
| 1995 | 40.0 |
| 1996 | 43.8 |
| 1997 | 47.0 |
| 1998 | 51.3 |
| 1999 | 54.3 |
| 2000 | 57.4 |

4.2 Proveedores y consumidores.

PROVEEDORES

Desde su generación hasta su reutilización, los principales proveedores de desechos ferrosos son los chamberos y los depósitos de chatarra.

Los chamberos venden lo que han recuperado preferentemente a los depósitos de chatarra, aunque unos pocos lo hacen directamente a fábricas. En su afán de recuperar desechos sólidos, los chamberos dificultan en el botadero de basura la labor del personal de Aseo de Calles al mezclarse con la maquinaria empleada, lo que es causa de accidentes; además las condiciones sanitarias son inexistentes en este sitio, caracterizado por su gran efluencia de moscas y roedores y la presencia de un fuerte y desagradable olor. Pese a estas dificultades, gran parte de los chamberos han hecho del botadero de basura su hogar, al punto de que se han agrupado en una cooperativa de vivienda llamada 25 de Julio (fig. 4.3). En el botadero de basura, los chamberos laboran generalmente 6 horas al día, de lunes a sábado.

Los depósitos de chatarra son compradores y *vendedores al detalle de desperdicios* metálicos. Compran desechos ferrosos provenientes en su mayor parte de basuras industriales y también de



Fig. 4.1 Botadero Municipal de basura de Guayaquil



Fig. 4.2 Chamberos recuperando desechos sólidos en el botadero de basura

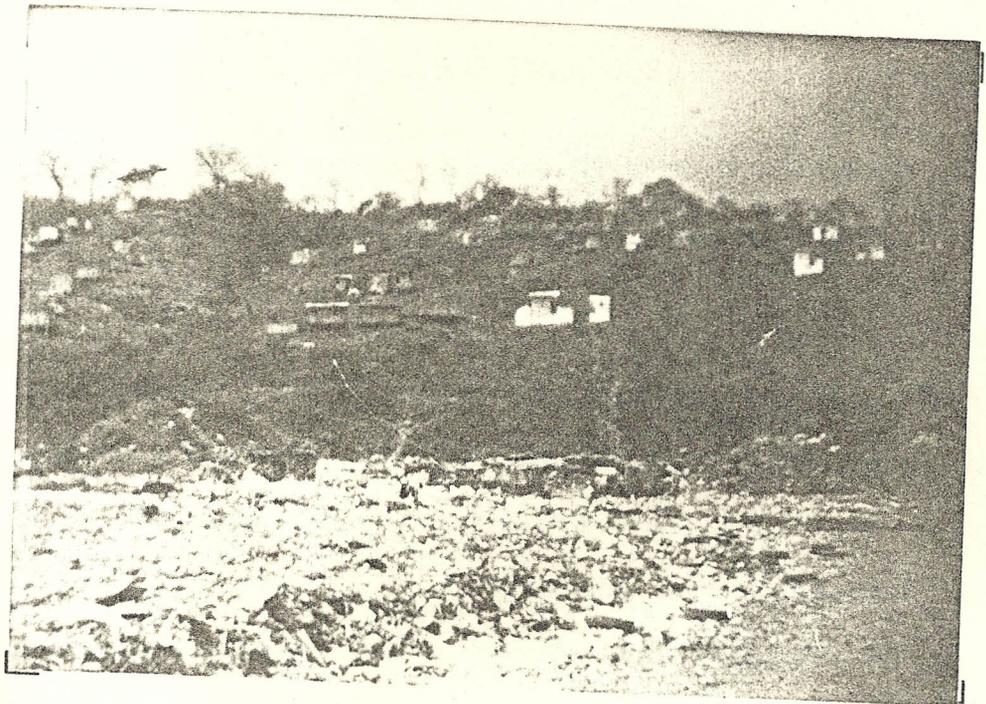


Fig. 4.3 Cooperativa de vivienda 25 de Julio ubicada en el botadero de basura

residuos urbanos para luego venderlos a las industrias que los requieren como materia prima. De los aproximadamente 10 depósitos de chatarra que existen en la ciudad, son 2 los que compran los desechos ferrosos provenientes de las basuras urbanas; estos están ubicados en las calles:

- Portete y la 38^{va}, y
- Pedro Moncayo y Pedro Pablo Gómez.

CONSUMIDORES DE DESECHOS FERROSOS.

El principal consumidor de desechos ferrosos es la industria siderúrgica dedicada a la obtención de metales ferrosos.

La empresa ANDEC (Acerías Nacionales del Ecuador S.A.) a través de FUNASA (Fundiciones Nacionales S.A.) es la única industria del país que obtiene hierro estructural utilizando como materia prima palanquilla obtenida a través de chatarra. El 25% de las necesidades de palanquilla de ANDEC es suministrada por FUNASA y el restante 75% es importado. La participación de FUNASA le permite a ANDEC un ahorro en divisas por la suma aproximada de 7 000 000 US\$ por concepto de importación.

FUNASA es una acería eléctrica con capacidad instalada para producir 30 000 Ton anuales de acero

en palanquilla (en 1989 la producción fue de 23 000 Ton/a). Cuenta para el proceso de fusión con un horno eléctrico de fabricación estadounidense de 9 pies de diámetro; el horno está formado por una cuba de chapa de acero de forma cilíndrica, revestida de material refractario, teniendo un capacidad nominal de 10 Ton, pero se ha logrado obtener hasta 15 Ton de acero líquido. En FUNASA se utiliza chatarra de acero proveniente de desperdicios de laminación, de desguace (de barcos), de latas de envases y retornos de acería. El proceso empleado en FUNASA para la fabricación de la palanquilla parte de chatarra. Se llenan las cestas con chatarra y por medio de éstas se carga el horno. La chatarra debe dimensionarse, de manera que entre perfectamente en el horno. Una vez cargada la chatarra con caliza o cal (que sirve para eliminar las impurezas), se inicia la fusión que dura algo más de 3 horas. Esta operación se acelera con la inyección de oxígeno, tanto para cortar la chatarra como para oxidar el baño líquido. El oxígeno oxida los elementos perjudiciales para el acero que se encuentran en la chatarra y con la ayuda de la cal los lleva a la superficie del baño para formar la escoria, la que se eliminará al término de la fusión. En esta parte se oxida el silicio, el manganeso y se elimina parte del fósforo y otros elementos. Cuando se ha llegado a los 1 550 °C, se envía una muestra

al laboratorio con el fin de conocer los porcentajes de carbono, manganeso y azufre; es en ese momento en que empieza la etapa de afinación y de reducción. Según el dato del laboratorio se descarbura (oxidando) o recarbura el baño (reduciendo y agregando coque o introduciendo los electrodos sin tensión en el baño). Para esto se eliminará la escoria y se formará una nueva, con agregados de cal, caliza y espato flúor. Luego se procede a realizar el ajuste de la composición química del acero, agregando las ferroaleaciones correspondientes, al mismo tiempo se controla la temperatura del metal. Después que el laboratorio entrega los valores finales del análisis químico y, la temperatura del acero es la apropiada, se procede al vaciado del acero del horno; este gira 45° sobre su eje, permitiendo que el acero caiga en una cuchara recubierta interiormente de material refractario, para trasladarlo a la máquina de colada continua. La cuchara tiene un orificio con un cierre de correderas hidráulico en el fondo (sistema INTERSTOP), para evacuar el acero hacia un molde de cobre, refrigerado, de 100x100x800 mm que por sus características de excelente conductor del calor, produce un descenso violento de la temperatura del material, lográndose de esta manera la formación de una primera estructura sólida que es enfriada a través de una cámara provista de pulverizadores de

agua, obteniéndose de esta manera la palanquilla, a una velocidad de 3 m/min, cuyas dimensiones son 100x100 mm de sección cuadrada y 4 m de longitud.

Durante 1989 FUNASA adquirió aproximadamente 20 000 toneladas de desperdicios recogidos a nivel nacional. De la chatarra que esta empresa compra, el botadero de basura de Guayaquil puede suministrar aproximadamente el 50% y con la ventaja de ahorrar a esta empresa costos de transporte.

En los planes para el futuro de FUNASA está la adquisición de un nuevo horno eléctrico que permita ampliar la producción de palanquilla en un 50%, utilizando siempre como materia prima chatarra ferrosa. Esto significa para FUNASA la necesidad de tener que buscar más fuentes de suministros de chatarra, uno de los cuales es utilizar los desechos provenientes de las basuras urbanas.

El precio que paga FUNASA por la chatarra depende del tipo de ésta. La empresa ha clasificado 3 tipos de chatarra:

- Chatarra clase A. Constituida por desperdicios de acero, a un valor de 13 000 sucres la tonelada.
- Chatarra clase B. Constituida por residuos de fundiciones, planchas de hierro galvanizado por las

que se paga 8 500 sucres la tonelada.

- Chatarra clase C. En este tipo de chatarra están incluidos los desperdicios de hojalata por los que se paga 6 500 sucres la tonelada.

CAPITULO V

PROCESO BASICO PARA LA RECUPERACION DE DESECHOS FERROSOS

5.1 Análisis de las opciones.

De manera general, hay que tener presente que la "regla de oro" para un proceso de tratamiento de basuras es la simplicidad; y, en la elección de éste se debe tener en cuenta a la eliminación porque por mucho que se mejoren las técnicas de aprovechamiento, siempre habrá que eliminar una determinada cantidad de desechos. Es por este motivo que uno de los procedimientos más empleados para el tratamiento de basuras es una combinación de incineración y aprovechamiento de residuos.

Para determinar la conveniencia o no de incinerar los desechos generados en Guayaquil, es necesario conocer algunas propiedades físicas de estos desechos; tales propiedades son: el contenido de humedad, la densidad, el contenido de energía. No se tienen datos actuales sobre estas propiedades, por lo que a continuación se hará un cálculo de los mismos.

Contenido de humedad.

El contenido de humedad de los desechos sólidos está

expresado como la fracción correspondiente a la masa húmeda del material. En forma de ecuación, este contenido de humedad es expresado como sigue:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100 \quad (5.1)$$

donde a = masa inicial de la muestra

b = masa seca de la muestra

En la Tabla 5.1 se presentan los datos típicos del contenido de humedad de los desechos sólidos urbanos. Con los valores de esta tabla y conociendo la composición de la basura de Guayaquil, se puede estimar el contenido de humedad de la misma; para esto hacemos primero una tabla para determinar la masa seca y posteriormente la humedad.

| COMPONENTE | Porcentaje por masa, % | Contenido típico de humedad, % | Masa seca*, kg |
|--------------------------------|------------------------------|---|----------------------|
| Materia orgánica | 57.8 | 70 | 17.3 |
| Papeles y cartones | 20.2 | 6 | 19.0 |
| Plásticos y caucho | 10.9 | 2 | 10.7 |
| Metal | 2.6 | 3 | 2.5 |
| Vidrio | 1.4 | 2 | 1.4 |
| Textiles y trapos | 1.7 | 10 | 1.5 |
| Polvo, cenizas, madera, etc | 5.4 | 13 | 4.7 |
| | | | 57.1 |

TABLA 5.1

DATOS TÍPICOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS
DESECHOS SÓLIDOS URBANOS.

| COMPONENTE | HUMEDAD (%) | |
|--------------------------------|-------------|--------------|
| | RANGO | VALOR TÍPICO |
| Papeles y cartones | 4 - 10 | 6 |
| Plásticos y caucho | 1 - 4 | 2 |
| Textiles y trapos | 6 - 15 | 10 |
| Vidrio | 1 - 4 | 2 |
| Metales | 2 - 6 | 3 |
| Materia orgánica | 40 - 80 | 70 |
| Polvo, cenizas, madera, etc | 9 - 23 | 13 |

FUENTE: Peavy H., Rowe D., Tchobanoglous G., "Environmental Engineering", 1985

TABLA 5.2

DENSIDADES TÍPICAS DE LOS COMPONENTES Y MEZCLAS DE
DESECHOS SÓLIDOS URBANOS.

| COMPONENTE | DENSIDAD, kg/m ³ | |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------|
| | RANGO | VALOR TÍPICO |
| Materia orgánica | 100-400 | 220 |
| Papeles y cartones | 30-100 | 64 |
| Plásticos y caucho | 30-130 | 68 |
| Metal | 45-180 | 95 |
| Vidrio | 160-480 | 195 |
| Textiles y trapos | 30-100 | 65 |
| Polvo, cenizas, madera, etc | 190-550 | 345 |

FUENTE: Peavy H., Rowe D., Tchobanoglous G., "Environmental Engineering", 1985

TABLA 5.3

VALORES TIPICOS DEL CONTENIDO DE ENERGIA
DE LOS DESECHOS SOLIDOS.

| COMPONENTE | ENERGIA, kJ/kg * | |
|--------------------------------|------------------|--------------|
| | RANGO | VALOR TIPICO |
| Materia orgánica | 3400-9350 | 5200 |
| Papeles y cartones | 12650-18100 | 16550 |
| Plásticos y caucho | 29000-36450 | 31850 |
| Metal | 250-1200 | 700 |
| Vidrio | 100-250 | 150 |
| Textiles y trapos | 15100-18600 | 17450 |
| Polvo, cenizas, madera, etc | 8250-14850 | 11550 |

* Como desechos

FUENTE: Peavy H., Rowe D., Tchobanoglous G., "Environmental Engineering", 1985

* Basado sobre una muestra de 100 kg de desechos

Usando la ecuación 5.1:

$$\begin{aligned} \text{Contenido de humedad} &= \frac{100 - 57.1}{100} \times 100 \\ &= 42.9 \% \end{aligned}$$

Densidad

Las densidades típicas de varios desechos, tal como son encontrados en las basuras, están indicados en la tabla 5.2

Para determinar la densidad de la basura de Guayaquil, realizamos primero una tabla para calcular el volumen sobre la base de una masa conocida.

| COMPONENTE | Porcentaje por masa, % | Densidad típica, kg/m ³ | Volumen*, m ³ |
|-----------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Materia orgánica | 57.8 | 220 | 0.263 |
| Papeles y cartones | 20.2 | 64 | 0.316 |
| Plásticos y caucho | 10.9 | 68 | 0.160 |
| Metal | 2.6 | 95 | 0.027 |
| Vidrio | 1.4 | 195 | 0.007 |
| Textiles y trapos | 1.7 | 65 | 0.026 |
| Polvo, cenizas, madera, etc | 5.4 | 345 | 0.016 |
| | | | 0.815 |

* Basado sobre una muestra de 100 kg

La densidad es:

$$\text{Densidad} = \frac{100 \text{ kg}}{0.815 \text{ m}^3} = 122.7 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de energía.

Los valores típicos del contenido de energía de los desechos sólidos están indicados en la tabla 5.3.

Usando los datos de la tabla 5.3, se puede estimar el contenido de energía de la basura de Guayaquil, para lo cual realizamos la siguiente tabla:

| COMPONENTE | Porcentaje por masa, % | Energía kJ/kg | Energía total,* kJ |
|--------------------------------|------------------------------|------------------|--------------------------|
| Materia orgánica | 57.8 | 5 200 | 300 560 |
| Papeles y cartones | 20.2 | 16 550 | 334 310 |
| Plásticos y caucho | 10.9 | 31 850 | 347 165 |
| Metal | 2.6 | 700 | 1 820 |
| Vidrio | 1.4 | 150 | 210 |
| Textiles y trapos | 1.7 | 17 450 | 29 665 |
| Polvo, cenizas, madera, etc | 5.4 | 11 550 | 62 370 |
| | | | 1 076 100 |

* Basado sobre una muestra de 100 kg de desechos.

El contenido de energía por unidad de masa es:

$$\text{Contenido de energía} = \frac{1\,076\,100 \text{ kJ}}{100 \text{ kg}} = 10\,761 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Conociendo que la humedad de la basura de Guayaquil es del 42.9%, el contenido de energía sobre un base seca es:

$$\begin{aligned} \text{Contenido energía b.s.} &= 10\,761 \frac{\text{kJ}}{\text{kg des}} \times \frac{1 \text{ kg des}}{0.571 \text{ kg b.s.}} \\ &= 18\,845.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

El alto contenido de humedad y el bajo contenido de energía de la basura de Guayaquil, hace que se descarte a la incineración de los desechos sólidos porque estos se quemarían con una baja eficiencia. Por otro lado, las labores de recuperación, especialmente los de papel, cartón y plástico, afectan a las propiedades físicas anteriormente indicadas porque al haber una menor proporción de estos desechos en la basura, aumenta la proporción de la materia orgánica con el consiguiente aumento del contenido de humedad y la disminución del contenido de energía.

5.2 Proceso de funcionamiento.

En la fig. 5.1 se muestra el esquema de la instalación recuperadora de desechos ferrosos. El funcionamiento se inicia con el pesaje de los camiones recolectores en una balanza automática, y a continuación, desalojan la basura en un foso de

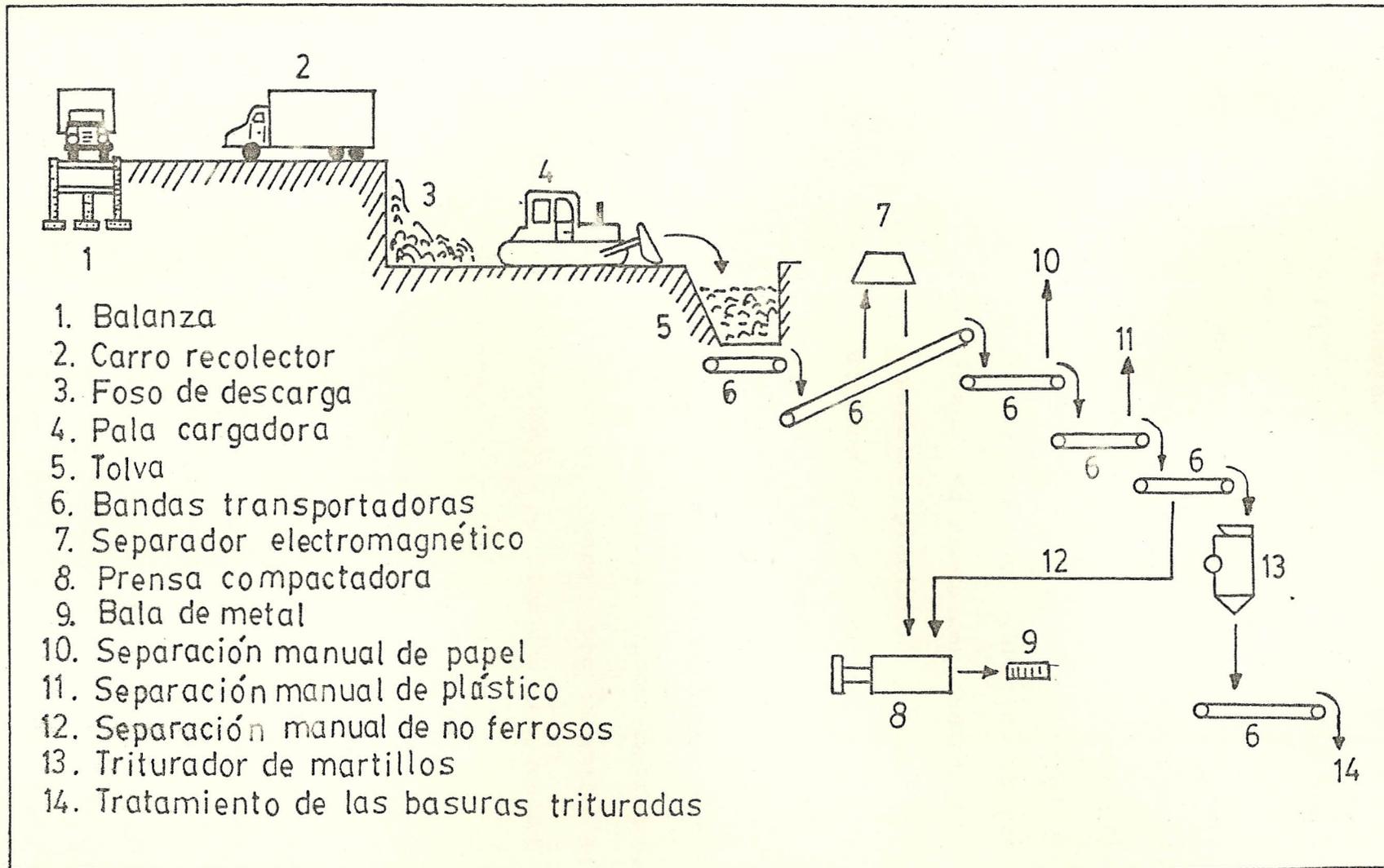


Fig. 5.1 Esquema del funcionamiento de una instalación recuperadora de desechos ferrosos

descarga. Las basuras allí depositadas se llevan con unas palas cargadoras hasta una tolva, para descender hasta una banda alimentadora que luego lleva las basuras a una banda transportadora inclinada. Sobre esta banda se monta un separador electromagnético para recuperar los metales ferrosos. Los metales recogidos por el separador se llevan luego a una prensa en la que se embalan para su posterior comercialización. Luego, se recuperan manualmente los desperdicios de papel, plástico y metales no ferrosos; estos últimos pasan también a la prensa para ser compactados. Los desechos restantes, principalmente materia orgánica, pueden ser eliminados aplicando el vertido controlado o pueden ser transformados en abonos orgánicos mediante el método del compostaje; pero previamente estos desechos son reducidos de tamaño empleando un triturador de basura.

La recuperación de papeles, cartones, plásticos puede hacerse manual o mecánicamente. Métodos mecánicos se han instalado en plantas pilotos, altamente tecnificadas ubicadas en ciudades de países industrializados. Estas plantas se instalaron con el fin de ser modelos de tecnología de tratamiento empleándose en éstas separadores electrostáticos y sistemas de flotación para recuperar papeles y

plásticos. Sin embargo, al establecer un programa de manejo de desechos sólidos en países en vías de desarrollo, un modelo tecnológico no es prioritario ya que los factores sociales, políticos y económicos tienen mayor importancia. Entre estos factores están los altos costos para la compra, instalación y mantenimiento de estos equipos y la existencia de los chamberos, cuya labor, dentro y fuera del botadero de basura disminuye la proporción de los desechos de papel y plástico especialmente en una cantidad indeterminada debido al número desconocido de personas dedicadas a esta ocupación. Frente a estos inconvenientes y por la simplicidad del método, lo más conveniente es seleccionar manualmente los desechos.

La materia orgánica y el resto de los desechos no recuperables pueden ser convertidas en abonos orgánicos mediante el compostaje. Por su composición, los desechos de Guayaquil son ideales para el compostaje porque tienen un elevado contenido de humedad y presentan una alta proporción de materia orgánica. Desde el punto de vista técnico-agrícola, el compost es beneficiosos para las tierras de labranza por las ventajas que presenta su utilización. Sin embargo, la gran desventaja del método de compostaje es la comercialización del

producto. Muchas son las instalaciones que han cerrado, trabajan a la mitad de su capacidad o sobreviven por subvenciones municipales e incluso gracias a la recuperación de productos no fermentables. Inclusive en países del Tercer Mundo, de basuras con características semejantes a la de Guayaquil, el compostaje ha presentado inconvenientes en elaboración y comercialización como sucedió en Bangkok (Tailandia), donde a pesar de contar con seis plantas modernas de compostaje y de las ambiciosas metas de sus programas, desarrollados por consultores japoneses, el sistema de compostaje resultó poco eficiente. Las frecuentes averías con largos periodos de inactividad, la falta de respuestos inmediatamente disponibles y la escasez de recursos para adiestrar al personal de funcionamiento y mantenimiento, contribuyeron al problema (5).

En el Ecuador, existen dos fábricas de compost que procesan cada una 1 Ton/d, localizadas una en Quito y otra en Cuenca. Estas fábricas tienen varios años laborando pero no se han ampliado porque la demanda no ha crecido, además al comienzo tuvieron dificultades de comercialización (13). Todos los hechos anteriormente indicados, demuestran la limitación del compostaje como un método de tratamiento de basuras, cuya aplicación en Guayaquil

debe ser precedido de un estudio de mercado.

La inconveniencia de la incineración de la basura de Guayaquil y las desventajas que presenta la transformación de ésta en abonos, indican que el vertido controlado es el método más conveniente para tratar los desechos orgánicos y los no recuperables.

5.3 Maquinaria.

Las máquinas necesarias para el funcionamiento de la instalación recuperadora de desechos ferrosos provenientes de las basuras urbanas son: pala cargadora, cintas transportadoras, separador electromagnético, prensa compactadora de chatarra, triturador de basura.

Los criterios sobre los que se basa la selección de los equipos son:

- la máxima cantidad de basura que llegará a producirse es 2278.1 Ton/d (Tabla 3.3), pero la instalación se sobredimensionará a 2500 Ton/d,
- se asume un servicio de recolección de basuras del 70% (porcentaje considerado muy bueno pues es el que normalmente alcanzan las empresas privadas dedicadas al servicio de recolección, como por ejemplo el que se logra obtener en Bogotá).

- la instalación trabajará 10 horas al día.

Según estos criterios, la máxima cantidad de basura que se tratará en una hora será:

$$2500 \frac{\text{Ton}}{\text{d}} \times 0.7 \times \frac{1 \text{ d}}{10 \text{ hr}} = 175.0 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}}$$

Para receptor esta cantidad de basura, la tolva tendrá un volumen de

$$\frac{175.0 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}}}{123 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}} = 1422.8 \text{ m}^3,$$

por lo tanto, la tolva a construirse tendrá un volumen de 1500 m³.

La máxima cantidad de desechos metálicos que se producirá es 68.3 Ton/d (Tabla 3.7) de los que aproximadamente 57.4 Ton/d corresponderán a metales ferrosos (Tabla 4.2). Entonces, los desperdicios ferrosos que recuperará el separador electromagnético son:

$$57.4 \frac{\text{Ton}}{\text{d}} \times 0.7 \times \frac{1 \text{ d}}{10 \text{ hr}} = 4.0 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}}$$

Los desperdicios de metales no ferrosos, papeles y plásticos se recuperarán manualmente. Como puede

observarse de la fig. 3.4, los desechos plásticos tienden a aumentar considerablemente y en algún momento la proporción de éstos igualaría a la de los papeles y cartones. De acuerdo a esto, se ha asumido que para el momento en que se tiene la máxima producción de basura, la proporción de papeles y plásticos es similar, cuyo valor, extrapolando la recta correspondiente a papel y cartón de la fig. 3.4, es aproximadamente del 21%. Por lo tanto, los desperdicios metálicos no ferrosos que se recuperarán son:

$$10.9 \frac{\text{Ton}}{\text{d}} \times 0.7 \times \frac{1 \text{ d}}{10 \text{ hr}} = 0.8 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}},$$

los desechos de papel y cartón a recuperar serán

$$0.21 \times 2500 \frac{\text{Ton}}{\text{d}} \times 0.7 \times \frac{1 \text{ d}}{10 \text{ hr}} = 36.8 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}},$$

igual cantidad corresponderán a los desperdicios de plásticos y caucho.

El resto de los desechos pasarán por el triturador para reducir el volumen de estos residuos y posteriormente someterlos al vertido controlado. Es de esperar que no todos los desechos de papel, plástico y metales se van a recuperar, parte de ellos no es reciclable. Asumiendo que un 10% de estos

desperdicios no se recuperará, la cantidad final de desechos que pasarán por el triturador será:

$$175 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}} - 0.9(4.0 + 0.8 + 36.8 + 36.8) \frac{\text{Ton}}{\text{hr}} = 104.4 \frac{\text{Ton}}{\text{hr}}$$

Pala cargadora.

La pala cargadora se utilizará para llevar los desechos a la tolva.

La fuerza de la pala debe ser lo suficientemente grande para vencer la resistencia total que se opone al movimiento, fuerza regida por la tracción entre los neumáticos u orugas y la superficie.

La tracción depende del tipo de terreno; y, al aumentar la humedad de la superficie disminuye la tracción, porque la humedad hace la superficie más resbalosa, en particular a máquinas motrices montadas en neumáticos. Dado que el clima de Guayaquil es húmedo y por la naturaleza de la basura, se selecciona pala de oruga.

Banda transportadora.

Los transportadores de uso más común para mover materiales son los transportadores de banda.

La productividad de un transportador de banda depende del área de sección transversal del material que se

mueve por la banda, del peso del mismo material por unidad de volumen y de la velocidad de movimiento de la banda con su carga. El área de sección transversal depende de un ángulo, llamado ángulo de sobrecarga β , el cual es el formado por la horizontal y la tangente al material en cada extremo.

En la fig. 5.2, el ángulo α es el ángulo de los rodillos laterales, cuyo valor varía entre 15° y 30° (3); el símbolo w indica el ancho de la banda.

La productividad de un transportador de banda está indicado por la ecuación:

$$q = 3.87 \times 10^{-5} A_b \delta v \quad (5.2)$$

donde, q = producción máxima del transportador de banda, Ton/hr

A_b = área de la sección transversal, pulg².
(Tabla 5.4)

δ = densidad de la basura, kg/m³

v = velocidad del transportador, m/min

Se conoce que para la ciudad de Guayaquil, la densidad es aproximadamente 123 kg/m³.

Para la banda que transporta las basuras que caen de la tolva es un transportador horizontal que viaja a

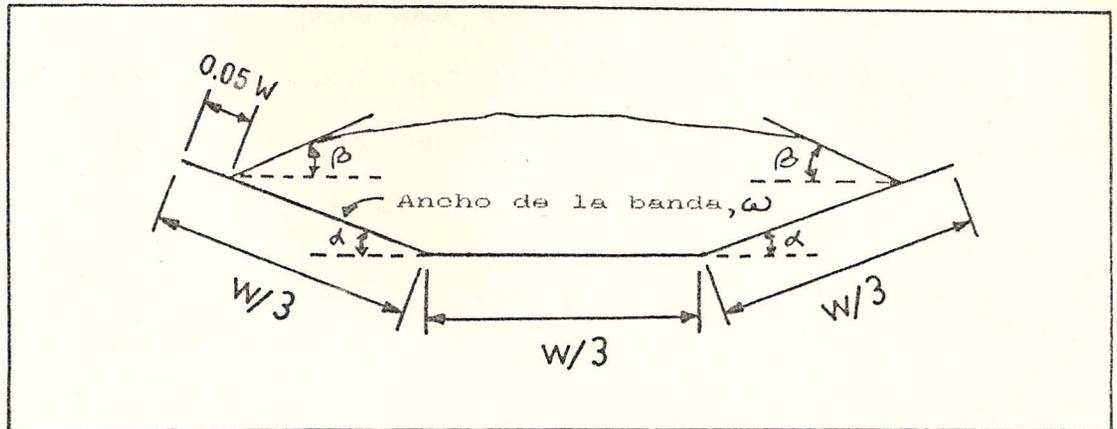


Fig. 5.2 Sección transversal de una banda transportadora cargada

60 m/min; el tamaño de esta banda será:

$$A_b = \frac{q}{3.87 \times 10^{-5} \delta v}$$

$$A_b = \frac{175}{3.87 \times 10^{-5} (123) (60)} = 612.7 \text{ pulg}^2$$

De la tabla 5.4 y seleccionando un ángulo de sobrecarga de 30° ,

$A_b = 0.123 w^2$, de ahí que:

$$w = \left[\frac{A_b}{0.123} \right]^{1/2} = \left[\frac{612.7}{0.123} \right]^{1/2} = 70.6 \text{ pulg}$$

Se selecciona una banda de 72 pulgadas de ancho.

Para la banda inclinda que transporta las basuras

hacia el separador electromagnético, la velocidad de banda también será 60 m/min. El tamaño de esta será igual que la anterior, considerando un ángulo de sobrecarga de 30°, esto es 72 pulgadas.

Después de pasar por el separador electromagnético, parte de las basuras se separarán manualmente, por lo que la velocidad de la banda será más lenta, 15 m/min.

El tamaño de estas bandas será:

$$A_b = \frac{171}{3.87 \times 10^{-5} (123) (15)} = 2394.9 \text{ pulg}^2$$

Para un ángulo de sobrecarga de 30°,

$$w = \left[\frac{2394.9}{0.123} \right]^{1/2} = 139.6 \text{ pulg}$$

En esta parte de la instalación sólo se recuperará desperdicios de papel y cartón, por lo que si se usa dos bandas, el ancho de cada una será de 69.8 pulgadas, lo que lleva a seleccionar dos bandas de 72 pulgadas de ancho cada una.

A continuación se recuperará los desperdicios de plásticos y caucho. La cantidad de basura que transportarán las bandas será 134.2 Ton/hr, el área

de la sección transversal de la banda será

$$A_b = \frac{134.2}{3.87 \times 10^{-5} (123) (15)} = 1879.5 \text{ pulg}^2;$$

y, para un ángulo de sobrecarga de 30° , el ancho será

$$w = \left[\frac{1879.5}{0.123} \right]^{1/2} = 123.6 \text{ pulg}$$

Se selecciona dos bandas de 66 pulgadas de ancho cada una para el transporte de los desperdicios de plástico y caucho.

Después, se recuperará manualmente los desechos metálicos no ferrosos. En esta parte, la cantidad de basura que se transporta es 97.4 Ton/hr. Como se trata de una menor cantidad de basura, la velocidad será 30 m/min. El área de la sección transversal de la banda es

$$A_b = \frac{97.4}{3.87 \times 10^{-5} (123) (30)} = 682.1 \text{ pulg}^2,$$

el ancho será, para un ángulo de sobrecarga de 30°

$$w = \left[\frac{682.1}{0.123} \right]^{1/2} = 74.5 \text{ pulg}$$

De esta manera se selecciona una banda de 78 pulgadas de ancho, la que no sólo permitirá recuperar desechos no ferrosos sino que llevará al resto de los desechos hacia el triturador.

La banda que transporta la basura triturada hacia el área de almacenamiento, llevará 104.4 Ton/hr de basura a una velocidad de 60 m/min, por lo tanto su tamaño será

$$A_b = \frac{104.4}{3.87 \times 10^{-5} (123) (60)} = 365.5 \text{ pulg}^2,$$

el ancho de la banda será

$$w = \left[\frac{365.5}{0.123} \right]^{1/2} = 54.5 \text{ pulg}$$

Se selecciona una banda de 54 pulgadas de ancho.

La potencia total que se necesita para accionar un transportador de banda es la suma de las potencias necesarias para:

- Mover la banda sin carga alguna sobre los rodillos.
- Mover horizontalmente la carga del transportador y hacer girar las poleas extremas.
- Elevar verticalmente la carga del transportador.

TABLA 5.4

AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA CARGA DE LAS BANDAS

(pulg²)

| Angulo de sobrecarga, β | Area de sección transversal, A_b | Ancho de la banda, w (pulg) | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| | | 18 | 36 | 54 | 72 |
| 15° | 0.087 w ² | 28.2 | 112.8 | 253.7 | 451.0 |
| 20° | 0.099 w ² | 32.1 | 128.3 | 288.7 | 513.2 |
| 25° | 0.111 w ² | 36.0 | 143.9 | 323.7 | 575.4 |
| 30° | 0.123 w ² | 39.9 | 159.4 | 358.7 | 637.6 |

FUENTE: Day David, Materiales para construcción, 1982

TABLA 5.5

POTENCIA NECESARIA (HP) PARA ACCIONAR UN

TRANSPORTADOR VACIO A 30 m/min *

| Distancia entre centros de las poleas extremas (ft) | Ancho de la banda, w (pulg) | | | | | | |
|---|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 18 | 30 | 42 | 54 | 66 | 72 | 78 |
| 25 | 0.44 | 0.62 | 0.82 | 1.00 | 1.20 | 1.29 | 1.39 |
| 50 | 0.47 | 0.67 | 0.89 | 1.10 | 1.31 | 1.41 | 1.52 |
| 100 | 0.52 | 0.76 | 1.02 | 1.27 | 1.52 | 1.64 | 1.77 |
| 150 | 0.57 | 0.85 | 1.15 | 1.44 | 1.73 | 1.87 | 2.02 |
| 200 | 0.62 | 0.93 | 1.28 | 1.60 | 1.93 | 2.10 | 2.26 |
| 250 | 0.67 | 1.02 | 1.41 | 1.77 | 2.14 | 2.33 | 2.51 |
| 300 | 0.72 | 1.11 | 1.54 | 1.94 | 2.35 | 2.56 | 2.76 |
| 350 | 0.77 | 1.20 | 1.67 | 2.11 | 2.56 | 2.79 | 3.01 |
| 400 | 0.82 | 1.28 | 1.80 | 2.28 | 2.77 | 3.02 | 3.26 |
| 450 | 0.87 | 1.37 | 1.93 | 2.45 | 2.98 | 3.25 | 3.51 |
| 500 | 0.92 | 1.46 | 2.06 | 2.62 | 3.19 | 3.48 | 3.76 |

* Fabricado por la Compañía Barber-Greene de Aurora, Illinois

FUENTE: Day David, Materiales para construcción, 1982

TABLA 5.6

POTENCIA NECESARIA (HP) PARA MOVER HORIZONTALMENTE
CUALQUIER MATERIAL A CUALQUIER VELOCIDAD DE BANDA *

| Distancia entre centros de las poleas extremas (ft) | Capacidad de la banda, q (Ton/hr) | | | | |
|---|--------------------------------------|------|------|------|------|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| 25 | 0.28 | 0.55 | 0.83 | 1.11 | 1.67 |
| 50 | 0.31 | 0.63 | 0.94 | 1.25 | 1.88 |
| 100 | 0.38 | 0.77 | 1.15 | 1.53 | 2.29 |
| 150 | 0.45 | 0.90 | 1.36 | 1.81 | 2.71 |
| 200 | 0.52 | 1.04 | 1.56 | 2.09 | 3.13 |
| 250 | 0.59 | 1.18 | 1.78 | 2.37 | 3.55 |
| 300 | 0.66 | 1.32 | 1.98 | 2.65 | 3.97 |
| 350 | 0.73 | 1.46 | 2.19 | 2.92 | 4.38 |
| 400 | 0.80 | 1.60 | 2.40 | 3.20 | 4.80 |
| 450 | 0.87 | 1.74 | 2.61 | 3.48 | 5.22 |
| 500 | 0.94 | 1.88 | 2.82 | 3.76 | 5.64 |

* Fabricado por la Compañía Barber-Greene de Aurora, Illinois

FUENTE: Day David, Materiales para construcción, 1982

TABLA 5.7

POTENCIA NECESARIA (HP) PARA ELEVAR VERTICALMENTE
CUALQUIER MATERIAL A CUALQUIER VELOCIDAD DE BANDA *

| Elevación vertical (ft) | Capacidad de la banda, q (Ton/hr) | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| 5 | 0.28 | 0.56 | 0.83 | 1.11 | 1.67 |
| 10 | 0.56 | 1.12 | 1.67 | 2.23 | 3.34 |
| 20 | 1.11 | 2.23 | 3.34 | 4.45 | 6.68 |
| 30 | 1.67 | 3.34 | 5.01 | 6.68 | 10.02 |
| 40 | 2.23 | 4.45 | 6.68 | 8.91 | 13.36 |
| 50 | 2.79 | 5.57 | 8.35 | 11.14 | 16.70 |
| 60 | 3.34 | 6.68 | 10.02 | 13.36 | 20.04 |

* Fabricado por la Compañía Barber-Greene de Aurora,
Illinois

FUENTE: Day David, Materiales para construcción, 1982

Expresando lo anteriormente indicado en forma de ecuación:

$$P = P_e + P_h + P_v \quad (5.3)$$

donde, P_e = Potencia necesaria para accionar un transportador vacío (Tabla 5.5).

P_h = Potencia necesaria mover horizontalmente el material que transporta la banda (Tabla 5.6).

P_v = Potencia necesaria para elevar verticalmente el material que transporta la banda (Tabla 5.7).

En la tabla 5.5, para otras velocidades de banda, se toma una relación directa.

La banda que recibe las basuras desde la tolva es horizontal y para 50 pies de longitud, la potencia necesaria será:

$$P = 2 \times 1.41 + 1.10 = 3.9 \text{ HP}$$

A esta banda se le instalará un motor de 5 HP.

La banda inclinada que transporta las basuras desde la tolva tendrá un largo de 100 pies y se elevará 20 pies. La potencia de esta banda será:

$$P = 2 \times 1.64 + 1.34 + 3.90 = 8.52 \text{ HP}$$

A esta banda se le instalará un motor de 10 HP.

Para las bandas que permiten la recuperación de papel, plástico y metales no ferrosos se escogerá bandas horizontales de 100 pies de largo.

La potencia consumida de cada banda que permite recuperar papel y cartón es:

$$P = 0.5 \times 1.64 + 1.31 = 2.13 \text{ HP}$$

La potencia instalada de cada motor será 2.5 HP.

La potencia consumida de cada banda por medio de las cuales se recupera plásticos y cauchos es:

$$P = 0.5 \times 1.52 + 1.03 = 1.79 \text{ HP}$$

La potencia instalada de cada motor será 2.25 HP.

Para la banda que permite recuperar desechos metálicos no ferrosos, la potencia consumida es:

$$P = 1 \times 1.77 + 0.75 = 2.52 \text{ HP}$$

El motor que se instalará a esta banda será de 3.25 HP.

Y, la potencia necesaria de la banda que transporta las basuras trituradas, para una longitud de 50 pies es:

$$P = 2 \times 1.10 + 0.65 = 2.85 \text{ HP}$$

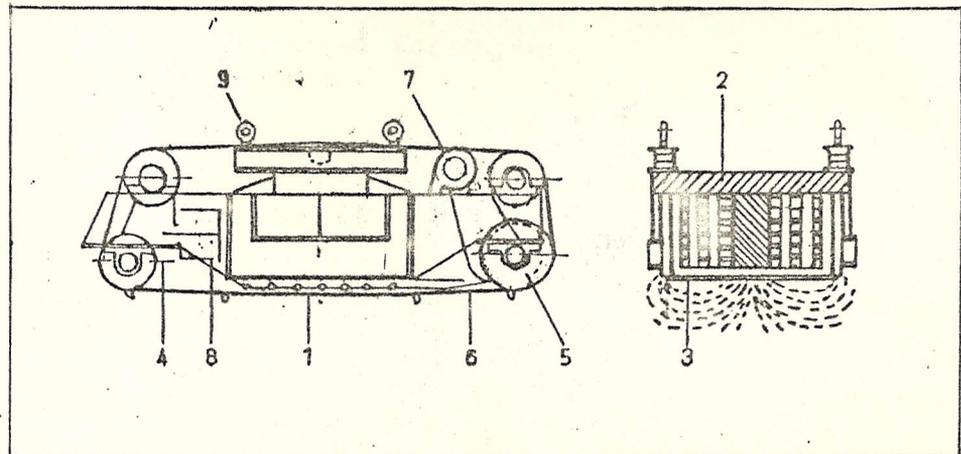
La potencia instalada del motor en esta banda será de 3.25 HP.

Separador electromagnético.

El separador electromagnético se sitúa encima de la cinta transportadora-elevadora con el fin de recoger de entre las basuras a los residuos ferrosos.

Un separador electromagnético (fig. 5.3) consta de: un electroimán que comprende esencialmente de un circuito magnético tripolar y un bobinado de corriente continua. El polo central se prolonga hacia el lado de la evacuación para facilitar esta operación. En los costados del electroimán se colocan dos ménsulas, sobre las cuales se montan cuatro tambores, de los que uno hace de motor y otro de transmisión. Los tambores soportan las bandas de evacuación. La cara activa del electroimán está provista de una plancha de deslizamiento o de rodillos para limitar el esfuerzo de la correa entre piezas polares y la chatarra pesada. Un motor trifásico asegura, por medio de transmisión, el movimiento de la banda de evacuación. Un conjunto de ventilación sirve para el enfriamiento del bobinado. Las anillas permiten la colocación del aparato en forma suspendida.

La cantidad de desechos ferrosos a recuperar, en un



- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| 1. Electroimán | 5. Tambor |
| 2. Circuito magnético tripolar | 6. Banda de evacuación |
| 3. Bobinado | 7. Motor trifásico |
| 4. Ménsulas | 8. Ventilación |
| | 9. Anillas |

Fig. 5.3 Separador electromagnético

lapso de 11 años será, considerando la tabla 4.2, desde 27 a 57 Ton/d.

El separador electromagnético SIME modelo OVER-BAND (7) presenta las siguientes características:

| | |
|--|-------------|
| Potencia consumida | 26 HP |
| Amperaje | 140/170 A |
| Frecuencia | 60 Hz |
| Cantidad de desechos recuperados | 5 - 7 Ton/h |

La producción de desechos recuperados depende del tipo de material ferroso, puesto que si más pesado es el metal, mayor es la producción. Con este tipo de separador, en una jornada de trabajo de 10 horas

diarias, es posible recuperar un máximo de 50 a 70 Ton/d de desechos ferrosos.

Prensa compactadora de chatarra.

Los desechos ferrosos recuperados por el separador electromagnético, alimenta a una prensa oleohidráulica, la que comprimirá a la chatarra en balas o paquetes.

La cantidad máxima de desechos metálicos a compactar es 57 Ton/d para los ferrosos y 10.9 Ton/d para los no ferrosos. Si se considera la Tabla 5.8, se observa que la compactadora que satisface estas capacidades es el modelo SODRE 9M de la marca LINDEMANN (fig. 5.4), con la que en una jornada de trabajo de 10 horas se puede llegar a prensar hasta 58 Ton/d de chatarra de acero.

En la compactadora SODRE 9M, el proceso de prensado se efectúa en tres movimientos. Se inicia con la presión vertical que ejerce la tapa superior de la caja, cortando la materia sobrante mediante cuchillas de acero al silicio-manganeso, situadas a lo largo de la caja y tapa. Acto seguido entra en función el pistón de presión horizontal, quedando al final de su recorrido confeccionando el paquete, expulsándolo al elevar la compuerta. Estas funciones se ejecutan accionando los tres mandos que están incorporados a

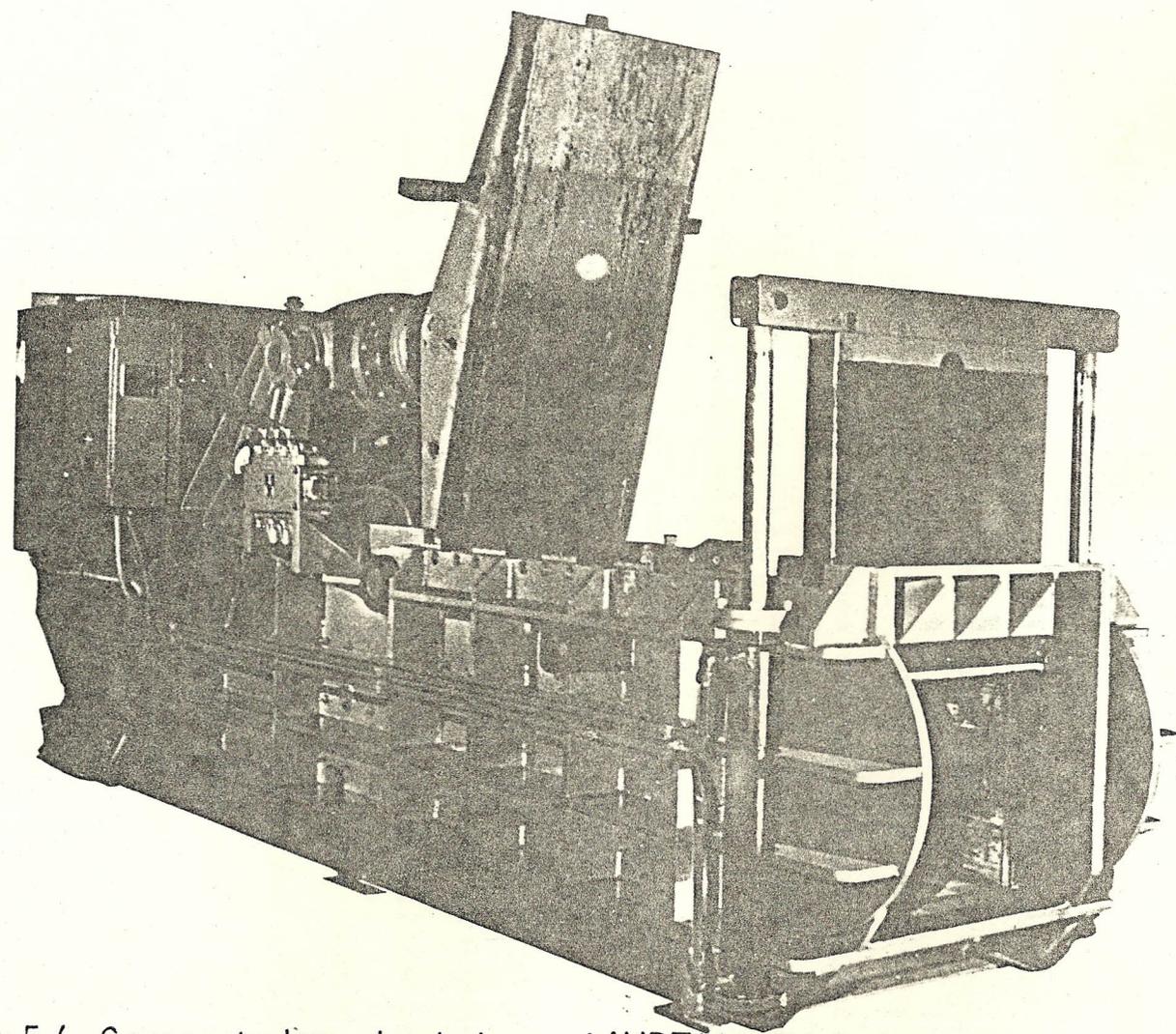


Fig. 5.4 Compactadora de chatarra LINDEMANN modelo SODRE 9M

un distribuidor hidráulico. Los pesos de los paquetes y la producción por hora dependen de la clase y la calidad del material que hay que prensar y presuponen una carga rápida y continua de la prensa.

Triturador de basura.

La trituración tiene por objeto fragmentar los diversos productos que constituyen las basuras urbanas para mezclarlos de manera que se forme una masa relativamente homogénea con un volumen reducido. La molienda por martillos (fig. 5.5 y fig. 5.6) es el procedimiento más usado para triturar basura urbana, debido a que esta trituradora aplica la acción de desgaste en la molienda final, característica que lo hace útil para fragmentar materiales húmedos y pegajosos. La trituración resulta de la rápida acción de unos martillos sobre los residuos, los que son proyectados sobre una parrilla perforada que es la que determina la finura del molido, y también son fragmentados por un segundo rotor, paralelo al primero, definiendo el número de dientes el tamaño del molido. Los martillos llevan revestimientos de acero al manganeso por su resistencia a la abrasión y al desgaste. La forma de referirse a la reducción de tamaño es indicando la "relación de reducción", que es la relación del tamaño de la alimentación a la abertura máxima de la

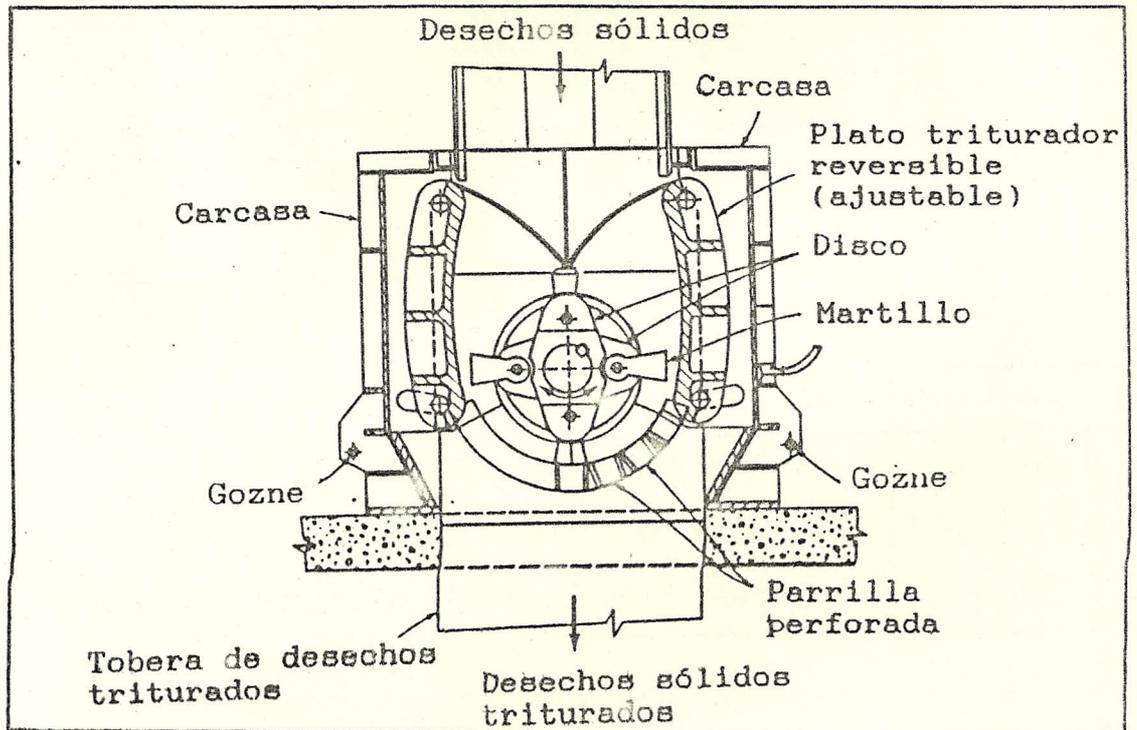


Fig. 5.5 Triturador de martillos. Vista frontal

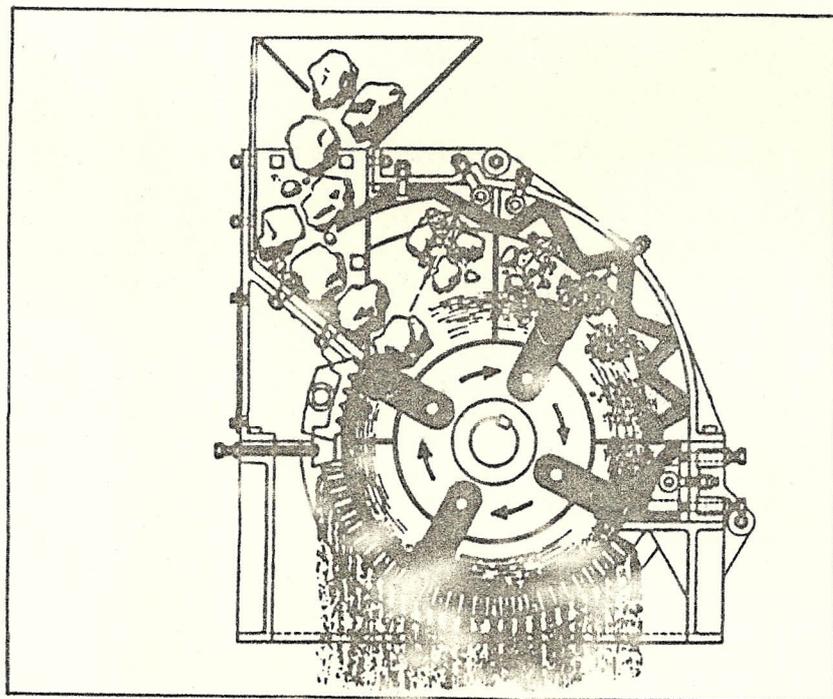


Fig. 5.6 Triturador de martillos en sección transversal

TABLA 5.8

CAPACIDAD DE LAS PRENSAS COMPACTADORAS DE CHATARRA

| Modelo | Potencia consumida (HP) | Presión de trabajo (atm) | Dimensiones del paquete (mm) | Número de paquetes por hora | Peso del paquete (kg) | | | Producción (Ton/hr) | | |
|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------|----------|---------------------|---------|----------|
| | | | | | Acero | Cobre | Aluminio | Acero | Cobre | Aluminio |
| SOWILL VI | 18 | 250 | 200x400x600 | 30 - 40 | 50-70 | 60-80 | 20 - 25 | 1.5-2.8 | 2.1-3.0 | 0.6-1.0 |
| SOWILL VII | 25 | 250 | 150x400x400 | 30 - 40 | 40-47 | 60-75 | 20 - 25 | 0.9-1.8 | 1.4-2.9 | 0.6-0.7 |
| SODRE 9M | 40 | 300 | 300x300x300 | 55 - 85 | 40-80 | 40-90 | 13 - 30 | 2.2-5.8 | 2.2-7.0 | 0.7-1.9 |

FUENTE: Lindemann KG - GmbH & Co., Oil-hydraulic scrap baling press for ferrous and non-ferrous metal scrap.

TABLA 5.9

CAPACIDAD DE LAS TRITURADORAS DE MARTILLOS *

| Tamaño de la abertura de alimentación (pulg) | Velocidad del eje (rpm) | Potencia requerida (HP) | Capacidad (Ton/hr), para las aberturas dadas entre las barras de la parrilla (pulg) | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|---|-------|-----|-----|-----|----|-------|-------|-------|-----|
| | | | 1/8 | 3/16 | 1/4 | 3/8 | 1/2 | 1 | 1 1/4 | 1 1/2 | 1 3/4 | 2 |
| 6 1/4 x 9 | 1800 | 15 - 20 | 2 1/2 | 3 1/2 | 5 | 8 | 10 | 13 | 15 | 16 | | |
| 12 x 15 | 1500 | 50 - 60 | 9 | 13 | 17 | 23 | 29 | 36 | 39 | 42 | 44 | |
| 15 x 37 | 900 | 150 - 200 | 27 | 37 | 47 | 60 | 71 | 97 | 105 | 110 | 115 | 120 |

* Fabricadas por Allis-Chalmers Mfg. Co.

FUENTE: Day David, Materiales para construcción, 1982

descarga.

La producción de una trituradora depende de la abertura máxima de la descarga y ésta de su aplicación. También depende de las propiedades de la basura, de la alimentación del material a la trituradora, de si la descarga es continua o no.

La tabla 5.9 indica la producción de las trituradoras de martillos fabricadas por Allis-Chalmers Manufacturing Company de Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos. Las capacidades están basadas sobre una alimentación continua a la trituradora. Esta compañía indica que los valores de la tabla pueden variar en un 25% de incremento o decremento en su producción real.

La cantidad de basura máxima que llegará a triturarse es aproximadamente 104.4 Ton/hr. De la tabla 5.9, la trituradora que satisficará esta capacidad es una de un tamaño de abertura de 15x37 pulg, una velocidad del eje de 900 rpm, una potencia requerida máxima de 200 HP y una abertura entre las barras de la parilla de 1 1/4 pulg.

Maquinaria para el vertido controlado.

La maquinaria necesaria para realizar el vertido controlado está constituido por:

- Una pala esparcidora de las basuras y del recubrimiento de tierra.
- Un compactador de basura tipo pata de cabra . Este tipo de compactador (fig. 5.7) permite que las salientes o patas se entierren alrededor de 6 pulgadas en el material suelto. Las patas se entierran para amasar y apisonar el material fresco hacia la capa compactada previamente, mientras la parte sólida del compactador aplica presión sobre la parte superior de la nueva capa. A medida que el nivel inferior de la capa se va compactando, el compactador va pisonando en el seno del relleno, niveles más y más altos, al aumentar el número de pasadas.
- Un carro, cisterna de agua para limpieza y seguridad.

5.4 Obra civil.

La obra civil necesaria para la instalación recuperadora de desechos ferrosos consta de:

- Un cobertizo de estructura metálica donde se guardará la maquinaria.
- Edificio de oficinas y servicios.
- Caseta de recepción de energía eléctrica.

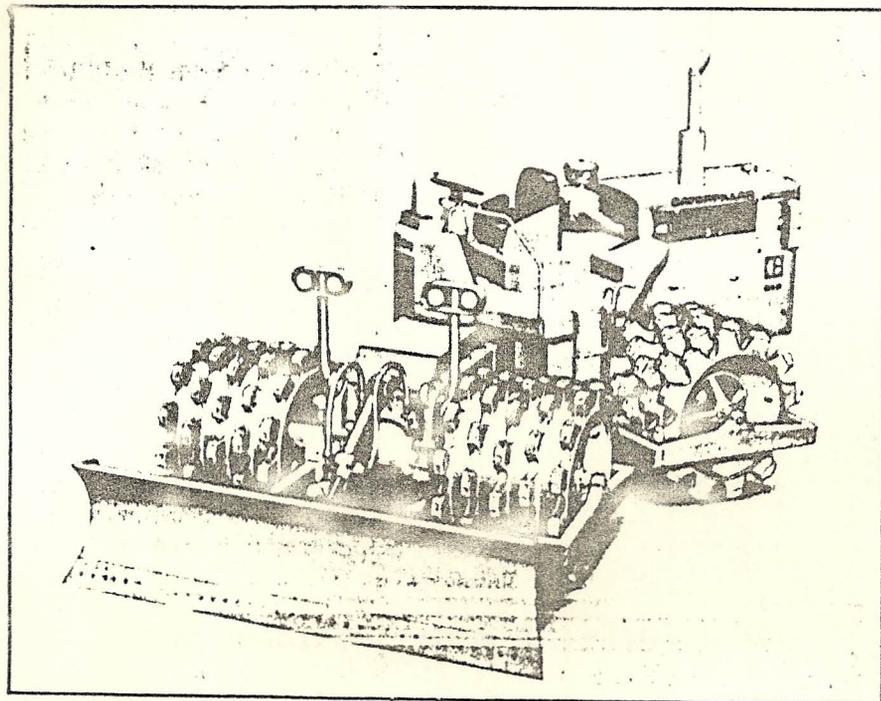


Fig. 5.7 Compactador de basura del tipo pata de cabra

- Tolva de recepción de hormigón de 1500 m³.

- Cerramiento.

5.5 Estudio de costos.

5.5.1 Costos de inversión.

| | US\$ |
|--|---------|
| 1 balanza de pesaje | 97 400 |
| 2 palas cargadoras, 5 m ³ | 240 000 |
| 1 banda transportadora, 5 HP | 93 300 |
| 1 banda transportadora, 10 HP | 373 200 |
| 3 bandas transportadoras, 2.5 HP | 220 500 |

| | | |
|-------------------------------------|-------|---------|
| 2 bandas transportadoras, 2.25 HP | .... | 147 000 |
| 1 banda transportadora, 3.5 HP | ..... | 39 600 |
| 1 separador electromagnético, 26 HP | .. | 116 800 |
| 1 prensa compactadora, 18 HP | ..... | 103 250 |
| 1 triturador de basura, 200 HP | ..... | 480 000 |
| 3 tolvas de alimentación | ..... | 90 000 |
| 1 equipos eléctricos | ..... | 100 000 |
| obras civiles | ..... | 200 000 |
| mobiliario | ..... | 20 000 |

Debe añadirse, para la eliminación de basura por el método del vertido controlado, lo siguiente:

| | | |
|------------------------------|-------|---------|
| 1 compactadora pata de cabra | ..... | 180 000 |
| 1 pala, 3 m ³ | ..... | 90 000 |
| 1 vehículo tanquero de agua | ..... | 60 000 |

equipo adicional: bomba de agua,
tanque de combustible, pozo de
agua, tubería (instalación), equipo
contra incendios . 15 000

TOTAL COSTOS DE INVERSION 2 666 050

5.5.2 Costos de explotación.

Por año

MANO DE OBRA

- Personal:

2 electricistas, 2 mecánicos, 6 controladores de funcionamiento, 4 conductores de máquinas, 6 servidores administrativos, 2 supervisores, 1

| | |
|-------------------------------|--------|
| Jefe de Planta | 42 240 |
| Encargos sociales (62%) | 25 344 |
| Total | 67 584 |

- Agua

limpieza: 7 m³

servicios: 3 m³

| | |
|---|-------|
| 10 $\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$ x 320 $\frac{\text{d}}{\text{a}}$ x 1.7 $\frac{\text{US\$}}{\text{m}^3}$ | 5 440 |
|---|-------|

- Electricidad:

La potencia instalada será aproximadamente:

| | |
|-----------------|---------------------|
| Fuerza | 274.5 HP = 204.7 KW |
| Alumbrado | 90.0 KW |
| | 294.7 KW |

Factor de potencia consumida: 0.8

Potencia total consumida : 235.8 KW

El consumo de energía eléctrica será:

$$235.8 \text{ KW} \times 10 \frac{\text{h}}{\text{d}} \times 0.04 \frac{\text{US\$}}{\text{KWH}} \times 300 \frac{\text{d}}{\text{a}}$$

| | |
|--|---------|
| Valor del consumo anual | 28 296 |
| - Gastos de gestión: | |
| Seguros, oficina, telefono, correo, etc | 50 000 |
| - Mantenimiento y combustible | 120 000 |
| TOTAL DE COSTOS DE MANO DE OBRA | 271 320 |

DEPRECIACION

| | |
|---|---------|
| Edificios (20 años) | 9 000 |
| Mobiliario y equipo adicional (10 años) | 1 800 |
| Vehículos (5 años) | 102 600 |
| Máquinas (15 años) | 112 563 |
| TOTAL DE DEPRECIACION | 225 963 |
| TOTAL DE COSTOS DE EXPLOTACION | 497 283 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Los desperdicios metálicos constituyeron en 1989 el 2.6% de las basuras de Guayaquil. Esta proporción es inferior a la de los países industrializados, pero al igual que en estos, tienen la tendencia a aumentar con el tiempo.
- 2.- Dentro de los desechos metálicos, aproximadamente el 85% de ellos lo constituyen los metales ferrosos repartidos en un 81% de residuos de acero, un 17% de envases de hojalata y un 2% de otros residuos ferrosos.
- 3.- La demanda local de chatarra justifica la recuperación de desechos ferrosos de las basuras urbanas. Las necesidades anuales del mayor consumidor de chatarra, la empresa FUNASA, son de 20 000 Ton/a, de las que las basuras urbanas de Guayaquil tienen el potencial de poder suministrar aproximadamente el 50%.
- 4.- No se puede combinar la incineración de los desechos con la recuperación de residuos ferrosos debido al alto contenido de humedad de las basuras urbanas de Guayaquil y el bajo contenido de energía. Además, la recuperación fuera del botadero de basura a que son

sometidos los desperdicios de papel, cartones y plásticos aumentan la proporción de materia orgánica incrementando por consecuencia el contenido de humedad y disminuyendo el contenido de energía.

- 5.- La inconveniencia de incinerar las basuras y lo difícil de ganar mercado para el compost, hacen que sea recomendable tratar a los desechos orgánicos y el resto de las basuras no reciclables por medio del vertido controlado.
- 6.- La recuperación de desechos ferrosos debe efectuarse no sólo con fines de comercialización sino también porque es importante que no pasen a las trituradoras de basura, ya que al no fragmentarse estos materiales duros permite ahorrar una considerable cantidad de energía. Y, es importante lo de las trituradoras porque, cualquiera sea el tratamiento que se le de a los desechos orgánicos, siempre habrá que fragmentarlos.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Bronshtein I., Semendiaev K., *Manual de matemáticas para ingenieros y estudiantes*, 4^{ta} Edición, Moscú, 1982.
- 2.- Centro de Desarrollo Industrial (CENDES), *Estudio de prefactibilidad de basuras urbanas*, Guayaquil, 1978.
- 3.- Day David, *Maquinaria para construcción*, 2^{da} Edición, Editorial Limusa, México D.F., 1982.
- 4.- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), *Ecuador: Estimaciones y proyecciones de población 1950-2000*, Quito, 1983.
- 5.- International Publications Inc., *Revista Desarrollo Nacional*, Nueva York, marzo 1989.
- 6.- Lindemann KG-GmbH & Co., *Oil-hydraulic scrap baling press for ferrous and non-ferrous metal scrap*, Düsseldorf, 1978.
- 7.- López Garrido J., Vidal M., Pereira Martínez J., *Basura urbana: Recogida, eliminación y reciclaje*, Editores Técnicos Asociados S. A., Barcelona, 1975.
- 8.- Lora Soria F., Miró Chavarria J., *Técnicas de defensa del medio ambiente*, Volumen I, Editorial

Labor S.A, Madrid, 1978.

- 9.- M. I. Municipalidad de Guayaquil, *Estudio técnico, exámen, revisión de la planta procesadora de basura*, Tomo 3, Guayaquil, 1987.
- 10- Pazmiño Barreno M., *Estudio de prefactibilidad para la instalación de la planta procesadora de basura de la M.I. Municipalidad de Guayaquil*, Guayaquil, 1985.
- 11.- Peavy H., Rowe D., Tchobanougous G., *Environmental Engineering*, Mc Graw-Hill Book Company, Nueva York, 1985.
- 12.- Salvat S.A. de Ediciones, *Enciclopedia Salvat del estudiante*, Tomo 9, Pamplona, 1976.
- 13.- Sigcho Vaca W., *Tratamiento y eliminación de los desechos sólidos para la ciudad de Machala*, Tesis, ESPOL, Guayaquil, 1987.
- 14.- Tkach Joseph Editions, *Revista La Pura Verdad*, Pasadena - California, mayo 1989.