

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

179

**" PROYECTO PARA EL MANEJO DE
DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD
DE TIJUANA B. C. "**

205

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

LUIS ALBERTO MARTINEZ LIMON

1974



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado
originalmente-
según el tema.

PRESIDENTE Prof. Ramón Vilchis Zimbron
VOCAL Prof. Eduardo Rojo y de Regil
SECRETARIO Prof. Antonio Frias Mendoza
1er. SUPLENTE Prof. Jorge Mencarini Peniche
2do. SUPLENTE Prof. Alfonso Franyutti A.

Sitio donde se desarrolló el tema: Tijuana B. Cfa.

Nombre completo y firma del susten
tante:

Luis Alberto Martínez
Limón.

Nombre completo y firma del asesor
del tema:

Antonio Frias Mendoza

A la memoria de Papá

6.4.2.3. Costos varios	70
6.4.3. Estimación de ingresos por subproductos	71
6.4.4. Estimación de ingresos por composta	72
6.4.5. Análisis económico	74
6.5. Planta de recicló de subproductos con relleno sanitario	76
6.5.1. Inversión inicial	76
6.5.2. Costos de Operación	76
6.5.3. Costos varios	78
6.5.4. Costos del relleno sanitario	78
6.5.5. Ingresos por subproductos	79
6.5.6. Análisis económico	79
7. Sistema tarifario y Resumen de costos	80
7.1. Sistema tarifario	80
7.2. Resumen de costos	81
8. Conclusiones y Recomendaciones	82
ANEXO I Composta	i
ANEXO II Temperaturas y tiempos de exposición para la - destrucción de parásitos y agentes patógenos- comunes	x
ANEXO III Estudio Geotécnico del sitio para relleno sanitario	xi
ANEXO IV Análisis de la basura para la ciudad de Tijuana	xiii
ANEXO V Densidades de Población	xiv
Bibliografía	xv

INTRODUCCION

La recolección y destino final de los desechos urbanos, desde el punto de vista de servicio público, es uno de los más importantes que la administración municipal debe prestar. Este servicio - que diariamente se debe proporcionar con absoluta continuidad no - es solamente una carga económica, sino también una preocupación -- constante para los funcionarios municipales a cargo de este servi- cio, que deben evolucionarlo eficientemente conforme aumentan las necesidades.

México a pesar de ser un país en vías de desarrollo, se está convirtiendo rápidamente en una sociedad de consumo. Ya Marcuse ha bía comparado esta sociedad con una sociedad de desperdicio y por lo que a desechos sólidos se refiere, esta verdad se hace patente cada día en forma marcada. Las campañas de publicidad tendientes a la compra de artículos llamativamente presentados y empacados inciden en una generación de desperdicios creciente que los traduce a un sistema de manejo de desechos caro y complicado. La situación - se agudiza aún más conforme las ciudades van creciendo y donde las áreas para arrojar los desperdicios son cada vez menores o cada -- vez más retirados de los centros de población. En dichos centros - se producen tanto individual como colectivamente una creciente can- tidad de desechos los cuales no solo varían en calidad sino también en cantidad, debido fundamentalmente a las variaciones económicas de los determinados grupos de población y su poder adquisitivo.

El disponer de toda esta generación diaria agrava la situación ya que aunque en muchos países se cuenta con tecnología muy avanza

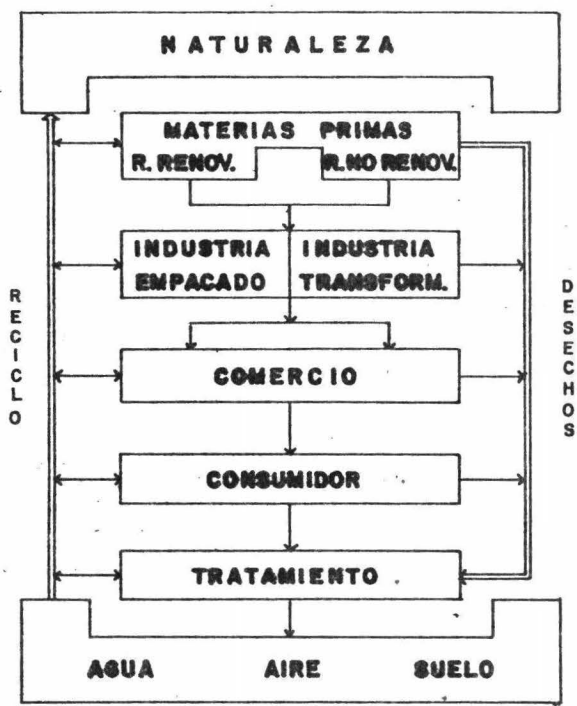
da, su disposición final sigue siendo la misma que nuestros primitivos antepasados usaron; arrojar los desechos al aire libre lejos de la vista y lejos del olfato. En nuestro país, esta solución se ha adoptado necesariamente ya que la capacidad económica de los municipios no es suficiente para ofrecer un completo sistema de limp-pia pública y es menor aún, para realizar una inversión fija con el objeto de solucionar en forma mas racional este problema.

El hacinamiento de estos desperdicios dispuestos en simples tiraderos a cielo abierto, ha causado serios problemas ecológicos en el medio ambiente. Cabe mencionar la combustión espontánea de éstos; los olores y líquidos repugnantes que contaminan aguas su-perficiales y subterráneas; la dispersión de fragmentos de papel, polvo y materiales plásticos por la acción del viento; las epidemias en la población originadas por la creación de gérmenes patógenos, la trasmisión de las mismas mediante insectos, larvas y roedores que encuentran en ese medio condiciones óptimas de proliferación, peligro que se acentúa durante las lluvias y época calurosa del año; y muchas consecuencias más, son causadas directamente por los tiraderos a cielo abierto. Además de esto, los terrenos adyacentes a estos lugares se devalúan en forma automática y los vecinos sufren molestias de malos olores y propagación de enfermedades, también, se provoca la creación de clases marginadas sociales que se ganan la vida recuperando materiales de la basura en condiciones insalubres e infrahumanas.

De todo lo anterior se puede concluir que este sistema de eliminación es costoso y contaminante que genera problemas sociales y estéticos. Causa de esto ha sido que la eliminación de los desechos

ha estado más inclinada por el "donde" que por el "cómo". Actualmente el incremento demográfico de las ciudades modernas y los grandes volúmenes generados de basuras domésticas obligan a las autoridades locales a prestar una mayor atención al "cómo" que al "donde". En base a esto, los desperdicios deben relacionarse como un problema en el manejo apropiado de los recursos no-renovables. Esto significa simplemente que no se debe relacionar a la basura como algo sin valor que solamente será recolectada y dispuesta en la forma mas económica. En vez de eso, la basura debe considerarse como un recurso fuera del lugar que está mal colocado y que debe ser recuperado y reutilizado cuantas veces sea posible.

Para nuestra situación, una evaluación hecha en forma versátil y eficiente sobre el sistema de manejo de desechos sólidos nos dará la solución que permitirá realizar un buen servicio de limpieza pública que cumpla con todas las normas técnicas y sanitarias deseables y que además preserve el sistema ecológico reintegrando los desechos sólidos ya sea al proceso industrial como materia prima o producto elaborado o a la naturaleza, todo ello de manera que ocasiona el mínimo de contaminación al medio ambiente, que al fin y al cabo es nuestro medio de vida.



CICLO DE LOS DESECHOS SOLIDOS

1. OBJETIVOS

La ciudad de Tijuana no escapa de ser una ciudad con problemas de contaminación ambiental y menos aún de estar exenta de problemas en el manejo de sus basuras municipales. Su extraordinario crecimiento demográfico en los últimos 13 años con una población actual de casi medio millón de habitantes, la afluencia promedio de 35 mil turistas diarios a la ciudad, la continua inmigración de personas del interior de la república tratando de encontrar superiores niveles de vida y creando a su vez ciudades perdidas en la no realización de estos anhelos, el alto ingreso medio per-cápita de sus habitantes, su derecho de zona libre, su cercanía con Estados Unidos traducida en hábitos de alimentación y presentación en el mercado de los productos de consumo, su difícil vialidad emana da de su accidentada topografía y la carencia de equipo suficiente de recolección; incide en la necesidad de contar con un sistema moderno y eficiente de recolección y disposición de desechos sólidos de acuerdo a esta características y a la importancia turística y comercial que como la población mas visitada del mundo es la ciudad de Tijuana. Los objetivos a lograr con un estudio de esta naturaleza son los de minimizar la contaminación en lo que a este tipo de materiales se refiere y dotar a la población con un servicio de --limpia pública que le permita ofrecer un ambiente saneado y presentar la mejor imagen de México a los millones de turistas que anualmente la visitan o utilizan como puerta de entrada hacia el interior del país. En este proyecto se contempla además, recuperar sub-productos reusables tales como papel, cartón, metales, vidrio y otros.

Para lograr estos objetivos, el estudio incluye el diseño de:

- 1) Métodos adecuados de almacenamiento de basuras en casas habitación, hoteles, centros comerciales y otros.
- 2) Métodos de recolección eficientes que sean económicos según las vialidades disponibles y las características topográficas de -- las diferentes zonas.
- 3) Métodos de disposición final, adecuados al volumen creciente de desechos sólidos que cumplan con todas las normas técnicas y sanitarias deseables a satisfacer en este tipo de sistemas.

2. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

La situación actual que prevalece en la ciudad de Tijuana - presenta características muy particulares. Factores que podrían considerarse únicos convergen en esta ciudad para crear una si - tuación de alto grado de complejidad.

En un período de 10 años ha duplicado su población de ---- 155,300 en 1960 a 336,688 en 1970 lo que representa una elevada tasa de crecimiento anual, causada fundamentalmente por la alta inmigración de personas atraídas por la posibilidad de obtener - mejoría económica. Con este fenómeno de explosión demográfica, - los problemas de tipo económico, social, cultural, de salud y o - tros han agravado la situación de la localidad. La generación de los desechos sólidos está ligada íntimamente con estos factores - por lo que cualquier variación en ellos se ve reflejada de inme - diato en esta, tanto en cantidad y tipo como en hábito de dispo - sición.

Aunados los factores de vialidad, pavimentación, topografía de la ciudad y estacionalidad turística al problema de los dese - chos, han hecho que este alcance un nivel crítico ya que hace -- aún mas difícil y costoso el sistema de recolección.

2.1 OBSERVACIONES IN-SITU

Durante el recorrido que se efectuó por la ciudad se detecta ron situaciones que requieren urgente solución ya que ponen en pe - ligro la salud de sus habitantes y deterioran la estética de la - ciudad. Las situaciones observadas son: el uso excesivo de los -- tambos metálicos de 200 litros de capacidad que son colocados en - la vía pública para almacenar basuras las cuales son quemadas, in

dependientemente si cuentan o nó con un servicio regular de recolección. En el primer cuadro las papeleras son usadas para almacenar las basuras de los comercios cercanos con el consiguiente hacinamiento de desechos sobre el piso.

Dada la difícil topografía de la ciudad, las cañadas son usadas las más de las veces como tiraderos clandestinos que en época de lluvias el caudal de las aguas arrasa con estos desperdicios -- hasta el primer cuadro obstruyendo por completo sus vialidades. Además en la zona norte y en algunas otras zonas se encontraron grandes cantidades de basura en las calles y en las aceras que cuando llueva causarán seguramente molestias en el sistema de alcantarillado. Por otra parte, el equipo de recolección existente no es suficiente para prestar un servicio de limpia a la totalidad de la población por no estar en buenas condiciones de operación.

2.2. SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION

La recolección de la basura la realiza principalmente el municipio y es ayudado en ciertas zonas por la Junta Federal de Mejoras Materiales de la Secretaría del Patrimonio Nacional. Dicha Junta tiene a su cargo el barrido mecánico de la zona que comprende la franja fronteriza y las avenidas adyacentes a esta. El municipio se encarga de recoger el resto de la basura que genera la ciudad, aunque cabe mencionar que en gran parte de las zonas alejadas del primer cuadro así como en áreas inaccesibles existen grupos de personas que en forma particular realizan en pequeñas unidades el servicio de recolección a los vecinos mediante el pago de determinada cuota; también para pequeñas industrias de maquila y algunos comercios existe un servicio de recolección proporcionado por una compañía particular que renta a sus clientes contenedores de 3yd^3 (2.3 m^3) de capacidad dando el servicio una o dos veces por semana

na cuyo costo varía según la frecuencia de recolección proporcionada y el número de contenedores rentados. Esta compañía cuenta con un solo camión de 20 yd³ para dar el servicio a sus clientes y solo recoge basura seca. Además fabrica sus propios contenedores y gran parte de la producción es para Estados Unidos. Según informes proporcionados por el fabricante el costo por contenedor es de \$2250.00

Para las zonas restantes no se cuenta con servicio de recolección por lo accidentado del terreno. Como es de observarse, la colecta de basuras representa uno de los principales problemas -- que tiene cualquier municipio y en especial esta ciudad que al vivir básicamente del turismo debe presentar la mejor imagen a sus visitantes.

2.2.1. EQUIPO EXISTENTE DE RECOLECCION

El equipo con que cuenta actualmente el municipio y que está en condiciones de operación se resume en la tabla 2.1. Se han dado de baja 14 unidades y existe aproximadamente un 20% de unidades en reparación. . El equipo existente ha sido adquirido de segunda mano en Estados Unidos, con una vida útil esperada de seis meses. A algunos de ellos ha habido necesidad de adaptarlos a las características del sistema empleado, ocasionando gastos adicionales de mantenimiento.

Para efectuar la recolección el Departamento de Limpia Municipal proporciona el servicio con una frecuencia de dos veces por semana (2/7) para colonias, fraccionamientos y zonas sub-urbanas; para el resto que son la zona turística y comercial, la recolección se efectúa diariamente incluyendo los domingos.

El sistema usado para la recolección es el método de acera y

TABLA 2.1 EQUIPO RECOLECTOR DE BASURAS

NUM.	TIPO	MCDELC	CAPACIDAD (yd ³)
1	COMPACTADOR CARGA LATERAL	GMC '61	16
1	" " "	GMC '62	16
1	" " "	GMC '64	16
2	" " "	GMC '68	16
1	COMPACTADOR CARGA TRASERA	INT '58	20
2	" " "	CHEV '69	16
1	COMPACTADOR CARGA FRONTAL	WHITE '66	16
1	CAMION REDILAS	DODGE '67	
1	" "	DODGE '68	
1	" "	CHEV '69	
1	" "	CHEV '68	
1	" "	CHEV '60	
4	CAMIONETAS PICK UP		

Fuente : VII Ayuntamiento, Tijuana B.C.

la mano de obra directa en la operación del equipo consiste de un chofer y dos peones para cualquier tipo de unidad, lo que hace un total de mano de obra directa implicada en el servicio igual a 45-choferes y 105 peones. La recolección se efectúa en tres turnos para zona comercial y turística y en dos turnos para la zona urbana; se efectúan además, diarias inspecciones con el objeto de localizar concentraciones de basuras y colectarlas para la cual se tiene destinado dentro del equipo existente pequeñas unidades (pick-up)-para proporcionar este servicio de emergencia. Para servicios extraordinarios se cuenta con la cooperación de particulares que proporcionan vehículos y que son pagados por el municipio.

2.2.2. UTILIZACION DEL EQUIPO ACTUAL

Durante la visita de campo efectuada para la elaboración del presente estudio, al municipio se le presentaron quejas por el servicio de limpia por lo que solo fué posible efectuar la pesada de:

4 Camiones compactadores de 16 yd³

3 Camiones de redilas

2 Camiones compactadores de 20 yd³

obteniéndose los siguientes resultados:

. Compactadores de 16 yd³

$$\bar{X} = 3227.5 \text{ Kg}$$

$$S = 216.39$$

.. Compactadores de 20 yd³

$$\bar{X} = 4110.0 \text{ Kg}$$

$$S = 1781.91$$

. Redilas

$$\bar{X} = 2498.67 \text{ Kg}$$

$$S = 1083.73$$

donde: \bar{X} = media aritmética

S = desviación estandard

Como se nota, con los datos obtenidos es difícil estimar la utilización actual del equipo dado que los resultados no son confiables estadísticamente. Sin embargo a grosso-modo se puede decir que actualmente el Municipio colecta un promedio de 135 toneladas por día. La densidad del equipo compactador es de aproximadamente ----- 200 Kg/m³ lo cual indica la baja no nula utilización del compactador ya que según informes proporcionados por los propios choferes, éste se utiliza únicamente en la descarga por temor a una descompostura, dado el mal estado en que se encuentra.

Según los informes proporcionados, el Municipio eroga anualmente por concepto de recolección, las siguientes cantidades (únicamente por el personal de las unidades):

. Gastos de Operación: (sueldos de personal de planta y eventual, gasolina y lubricantes)	\$ 4'882,291.00
. Gastos de Mantenimiento: (Sueldos de personal de planta y eventual, gasolina y lubricantes)	<u>\$ 1'995,688.00</u>
TOTAL	6'877,979.00

Fuente: VII Ayuntamiento, Tijuana B.C.

Dividiendo la cifra anterior entre 49,275 toneladas anuales - (135 toneladas diarias por 365 días), resulta un costo de \$ 139.58 por tonelada de basura colectada.

2.3. SISTEMA ACTUAL DE DISPOSICION FINAL

El sitio de disposición final de la basura en Tijuana B.C. está localizado a 3 Km. del Fraccionamiento Panamericano en la parte sur de la ciudad y aproximadamente a 12 Km. del Taller Municipal - donde se encuentran concentrados los camiones recolectores. El método usado allí es el "tiradero a cielo abierto" y ocupa actualmente un área aproximada de 2 hectáreas en una meseta junto a una cañada. En dicho sitio se cuenta con un pequeño tractor propiedad -- del concesionario que toma la basura, una vez pepenada de cartón y botellas, y la esparce hacia la cañada.

Las condiciones actuales del sitio están muy por debajo de -- los requerimientos mínimos de salud, contaminación, seguridad y estética. Se calcula en 40 el número de familias que viven de la pepena en la basura y que constantemente están expuestos a la insalubridad del lugar y al fuego continuo de los desechos. La fig 2.1 y la fig 2.2. dan una imagen del lugar

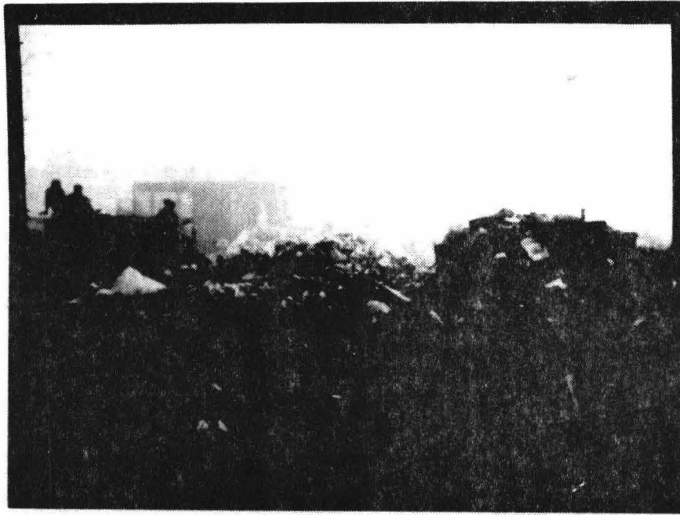


Fig. 2.1 Los pepenadores están constantemente expuestos a la insalubridad del sitio.

El fuego, aunque es producto de la combustión espontánea generada por la producción de gas metano en la base del sitio, también es ocasionado deliberadamente para recuperar más fácilmente la chatarra ya que el papel no se pepena. El personal de los camiones recupera botellas de vidrio y artículos reusables que son-



Fig. 2.2. Las condiciones actuales del sitio están muy por debajo de los requerimientos mínimos de contaminación y salud.

acumulados en la parte posterior del camión y llevados a comprados situados sobre la ruta al tiradero. El resto de la basura se lleva al frente de trabajo, en el borde del tiradero, donde es -- descargada. Al finalizar esta operación la cuadrilla de pepenadores provistos con bieldos unos y con las manos otros inician la -- separación de materiales que pueden vender posteriormente a intermediarios en el mismo sitio de disposición final.

Cabe mencionar el peligro a que constantemente están expuestas estas personas que efectúan la pepena ya que pueden sufrir -- quemaduras, intoxicaciones y males respiratorios por la inhalación de humos y polvos además de todo tipo de heridas e infecciones propias en el manejo de estos desperdicios. También, la zona aledaña se ve afectada por las constantes humaredas y los polvos arrastrados por el viento.

3. PREDICCIÓN DE LA GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS

Por elaborado y sofisticado que se quiera hacer un proyecto - este solo será tan confiable como los datos estadísticos en que se basa. Existe para la ciudad de Tijuana B.C. un estudio realizado - por la Secretaría de Obras Públicas del Estado en el cual se en -- encuentran valiosos datos y los cuales son tomados como referencia - para la elaboración del presente estudio.

3.1 POBLACION ESPERADA

En el estudio antes mencionado, los datos de población son -- los siguientes:

1930	8,384	habitantes
1940	10,486	"
1950	59,952	"
1960	155,300	"
1970	336,668	"

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California.

Evaluando el comportamiento del crecimiento de la población - en el último decenio se observa un incremento anual promedio de -- 8.04%. Para fines de este proyecto se decidió la aplicación de una tasa futura de crecimiento del 7% anual bajo las siguientes bases:

- a) Se supone que la Ciudad de Tijuana tiene un límite de saturación -- ción en cuanto a su crecimiento demográfico por lo que no podrá seguir sosteniendo la tasa de crecimiento de población que tuvo durante la década pasada.
- b) La tasa de crecimiento del 7% anual es utilizada también por o-- tras obras de infraestructura de la ciudad.
- c) En un proyecto de manejo de desechos sólidos no tiene importan--

cia relevante la precisión en las proyecciones demográficas, da da la flexibilidad que se tiene para hacer ajustes anuales en los planes de inversión. Estos podrán irse modificando de acuerdo con la población real que se tenga en cualquier etapa.

Por lo anterior la población fija es, para efectos de este -- proyecto, la que aparece en la tabla 3.1

TABLA 3.1 POBLACION FIJA ESPERADA

ANO	POBLACION EN MILES
1974	441
1975	472
1976	505
1977	541
1978	578
1979	619
1980	662
1981	708
1982	758
1983	811
1984	868

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California.

Por lo que respecta a la población flotante, el Departamento de Turismo de la ciudad, estima un incremento anual del 3% con una afluencia diaria promedio de 35,000 visitantes. Con lo anterior se elaboró la tabla 3.2 de la población flotante.

TABLA 3.2 PROYECCION DEL FLUJO ANUAL DE TURISTAS

ANO	TURISTAS ANUALES EN MILES	TURISTAS DIARIO EN MILES
1974	12,775	35
1975	13,158	36
1976	13,553	37
1977	13,959	38
1978	14,378	39
1979	14,809	40
1980	15,254	42
1981	15,712	43
1982	16,183	44
1983	16,668	46
1984	17,169	47

Fuente: Departamento de Turismo.

3.2. PARAMETROS DE GENERACION

La determinación de estos parámetros es de primordial importancia para el estudio, por lo que se diseñaron varios programas de muestreo con el fin de obtener información confiable.

3.2.1. BASURA DOMESTICA

Se efectuaron varios muestreos tendientes a determinar este parámetro. De común acuerdo con las autoridades municipales y con la ayuda de estas, se clasificó la población en sectores de alto, mediano y bajo poder adquisitivo con el fin de correlacionarlos al total de basura generada por cada uno de dichos sectores. Se diseñó un programa de muestreo estadístico, consistente en seguir el camión que servía a la zona y tomar el total de la basura de una casa habitación que debía recoger el camión, cuyo número de orden correspondiera al que previamente se había determinado en forma aleatoria y en seguida se levantó una pequeña encuesta en dicho domicilio con el fin de determinar el número de personas que la habían producido, el peso de la basura colectada, el número de días en que se había acumulado y además el tipo de recipiente utilizado. Para un total de 22 muestras, los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 3.3 PARAMETROS DE GENERACION DOMESTICA

PARAMETROS	PODER ADQUISITIVO			TOTAL
	ALTO	MEDIO	BAJO	
DENSIDAD	125	149	136	130 Kg/m ³
HUMEDAD	56.1	50.2	42.3	44.6 %
GENERACION Kg/hab/día (Promedio)	.7068	.8120	.9529	.8305
DESV.EST.	.3744	.5280	.3225	.3948

Esta generación será proyectada en el futuro con un incremento anual de 1.0%. Este incremento se tomó de los datos que la ciudad de Los Angeles tiene para su propia generación; como la ciudad de Tijuana presenta características similares con esa entidad en lo que a desechos sólidos se refiere, se estima que el dato es significativamente adecuado.

3.2.2. BASURA TURISTICA

Para cuantificar la basura generada por la población flotante se tomó el 50% de los turistas los que generarían la basura efectivamente, ya que el resto se considera de paso a las poblaciones vecinas de la península. Se estimó la basura actual de este tipo en 17.5 toneladas y se proyectaron al futuro en 3% de incremento anual.

3.2.3. OTRAS BASURAS

Dentro de este concepto se agrupan basuras tales como hoteleras, de mercados, etc. Para efecto de cuantificar las basuras hoteleras, se tomaron como referencia los datos obtenidos por el personal del Consejo Técnico de la S.M.A. realizada en Acapulco, donde se fijó la generación por persona por día para las diferentes categorías de hoteles. Dichos datos se resumen a continuación:

Hoteles categoría	"AA"	2.50	Kg/hab/día
"	"A"	2.25	"
"	"B"	2.00	"
"	"C"	1.50	"
"	"D"	1.00	"

En lo correspondiente a las basuras de mercados se estima en un 5% de los residuos producidos por la población fija. En la tabla 3.4 se presenta la cuantificación del total de los desechos sólidos generados por la población de Tijuana y su proyección por año.

TABLA 3.4 PROYECCION DEL TOTAL DE BASURA GENERADA

AÑO	BASURA EN TONELADAS				TOTAL ANUAL EN MILES
	URBANAS	TURISTICAS	OTRAS	TOTAL DIARIO	
1974	366	17.5	30	413.5	151
1975	395	18.0	32	445.0	162
1976	428	18.5	34	481.0	176
1977	463	19.0	37	519.0	189
1978	500	19.5	40	559.5	204
1979	540	20.0	43	603.0	220
1980	583	21.0	47	651.0	238
1981	630	21.5	51	702.5	256
1982	681	22.0	55	758.0	277
1983	737	23.0	60	820.0	299
1984	796	23.5	65	884.5	323

4. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de la basura en Tijuana, es un grave problema, ya que se usan una gran diversidad de recipientes que varían tanto en forma como en material y tamaño. Estos pueden ser desde una simple bolsa de papel o plástico, hasta un bote diseñado para tal efecto. En la mayor parte de los casos se usan tambos de 200 lt de capacidad, que son inadecuados para estos fines. Estos se usan tradicionalmente en hoteles, comercios, restaurantes, mercados, etc. La gran diversidad de recipientes no apropiados, en la mayoría de los casos entorpecen y encarecen las labores de recolección, por lo que es de bastante importancia un adecuado método de almacenamiento.

4.1 MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO

Por lo general se puede decir que los recipientes y la zona de almacenamiento son adecuados cuando cumplen con las siguientes normas generales:

- a) Deben tener una capacidad adecuada a la generación y a la frecuencia de recolección.
- b) Deben de estar contruidos de un material liviano, durable fácil de limpiar y tener una tapa adecuada para evitar el acceso de insectos, roedores y animales domésticos.
- c) Deben de estar diseñados de modo que sean fácilmente manejables y que eviten accidentes a los operarios tales como cortaduras y raspones.
- d) El lugar de almacenamiento debe estar localizado en una zona accesible, de fácil limpieza y deberá contar con una plataforma de concreto o madera de cuando menos 15 cms. sobre

el nivel del piso.

El almacenamiento para los centros de gran generación como -- mercados, centros comerciales, centros turísticos y centros insti-
tucionales, deberá reglamentarse, proponiendo cuando sea posible -
el uso de contenedores. Estos deberán estar diseñados de acuerdo -
con el tipo de camión recolector escogido. La implantación de este
sistema evita los malos manejos o manejos innecesarios de los dese-
chos y a la vez abate los costos de recolección.

4.2. ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO

Del muestreo efectuado en 22 domicilios se observó que los re-
cipientes usados varían de la siguiente forma:

•Bote de basura de plástico.	10.0%
•Bote de basura metálico.	15.0%
•Cajas de Cartón.	25.0%
•Tambos de 200 lt.	47.0%
•Bolsas de papel o plástico.	3.0%

Fuente: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

Se observó que solo un 25% de los usuarios del servicio, uti-
lizan recipientes diseñados para tal fin aunque casi la mayoría de
ellos los usa sin tapadera. Es de notarse como está extendido el y
so de los tambos de 200 lt. y lo poco que se usan las bolsas de --
plástico. De los análisis de laboratorio efectuados, se obtuvieron
los siguientes parámetros, que son necesarios para el diseño del -
volumen de almacenamiento:

Peso volumétrico.	130 Kg/m ³
Generación de diseño.	0.8305 Kg/hab/día

Fuente: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

4.2.1. ALMACENAMIENTO EN ZONAS ACCESIBLES

Se considera de fácil acceso, aquellas zonas en las cuales puede entrar sin grandes dificultades el camión recolector. Con excepción de las zonas que aparecen sombreadas en la fig. 4.1, las demás presentan estas características.

Se propone que la frecuencia de recolección al inicio de las operaciones del nuevo sistema siga siendo de dos veces por semana para evitar cambios innecesarios en las rutas de recolección. Por lo tanto, suponiendo una familia de 5.5 miembros y un factor de seguridad de 1.6, aplicando la fórmula:

$$V = \frac{NG}{P.V.} (1/F) F_s \quad (\text{Referencia 4})$$

en donde

V = Volumen requerido en m^3

G = Generación: 0.8305 kg/hab/día

N = Habitantes: 5.5

P.V. = Peso volumétrico: 130 kg/ m^3

F = Frecuencia: 2/7

Fs = Factor de Seguridad: 1.6

Se encontró que el volumen requerido del recipiente domiciliario es de aproximadamente 200 litros. Ya que este volumen es excesivo para un solo contenedor por los problemas que como anteriormente se dijo ocasiona su manejo, se recomiendan 2 recipientes de 100 litros en cada habitación en estas zonas. Estos de preferencia deberán ser de plástico y de ser posible se promoverá el uso de bolsas desechables las cuales tendrán un tamaño tal que sobresalgan del bote y puedan ser dobladas sobre el borde del mismo.

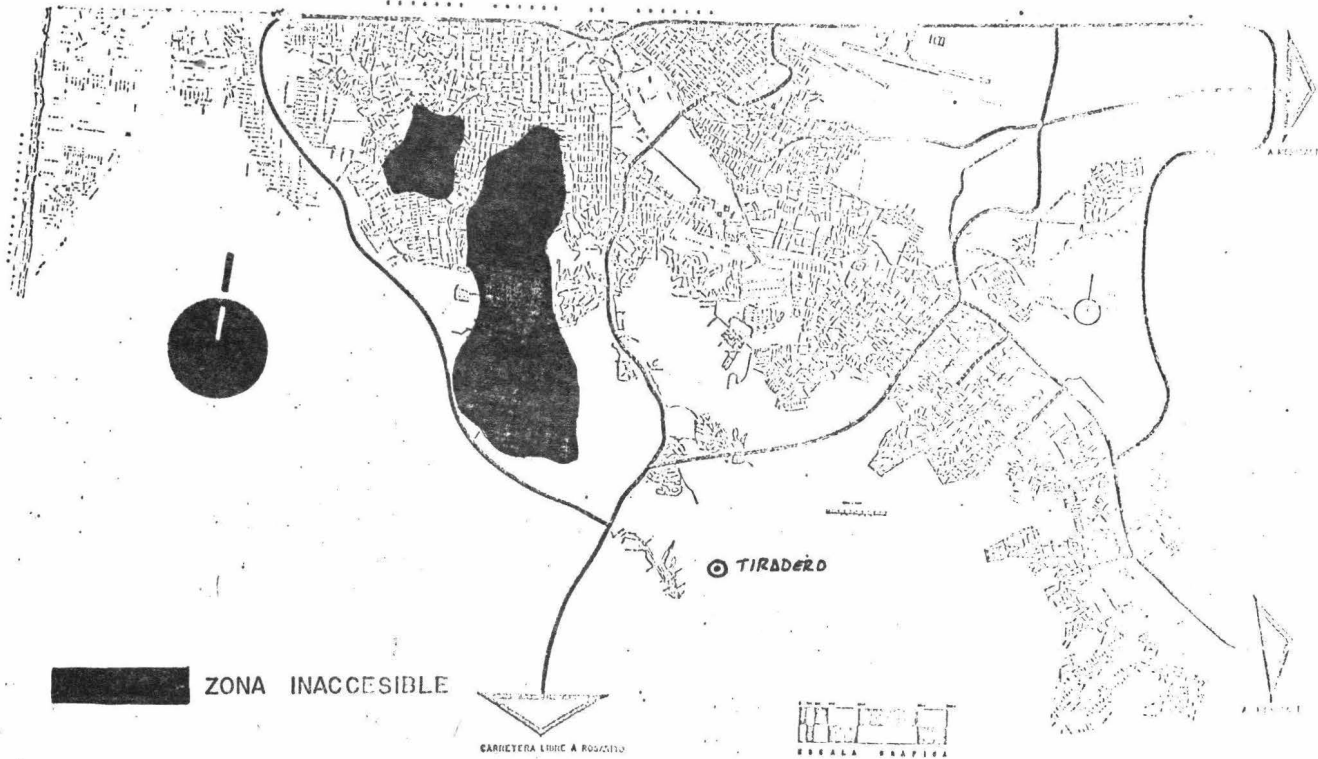


Fig. 4.1 Zonas de la Ciudad de Tijuana que presentan dificultades viales y topográficas a los camiones recolectores

4.2.2. ALMACENAMIENTO EN ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO

Los problemas que presentan algunas zonas de la ciudad son -- principalmente el de vialidad y topografía lo cual imposibilita o hace muy difícil y lenta la recolección de basuras por medio del - camión recolector. Por lo anterior, se ha encontrado como solución la colocación de contenedores en puntos estratégicamente localiza- dos, permaneciendo cierto tiempo en dichos puntos, de tal manera - que la gente pueda ir a depositar su basura hasta ese lugar.

Para efectuar lo anterior se tuvo que estimar una área de in- fluencia procurando que los usuarios desciendan con la basura y no recorran mas de 50 metros. La fig 4.2 muestra en forma más detalla- da las cuatro diferentes zonas que por su topografía o sus pocas - vialidades resultan ser de difícil acceso. Para ejemplificar lo ex- puesto anteriormente, se estimaron las densidades de población para cada zona y en base a su área se calculó la generación total de ca- da una de ellas. Tomando en cuenta que la frecuencia es de 2/7 y - la generación promedio es de 0.8305 Kg/hab/día se encontró que el- total de contenedores de 3yd³(2.3m³) que almacenarán la totalidad - de las basuras generadas por día de recolección es de 154 unidades. Estos contenedores darán servicio 6 días a la semana y permanec- rán 12 horas en un determinado lugar por lo que cada zona se divi- dió en 12 sectores de generación aproximadamente igual calculándog- se el número de contenedores necesarios para cada uno de dichos -- sectores. Su distribución se resume en la tabla 4.1. La recoleg--- ción se hará con contenedores móviles los cuales serán transporta- dos por un vehículo (Jeep o Pick-up) hasta un centro de transferen- cia en donde la basura será cargada por un camión compactador de -

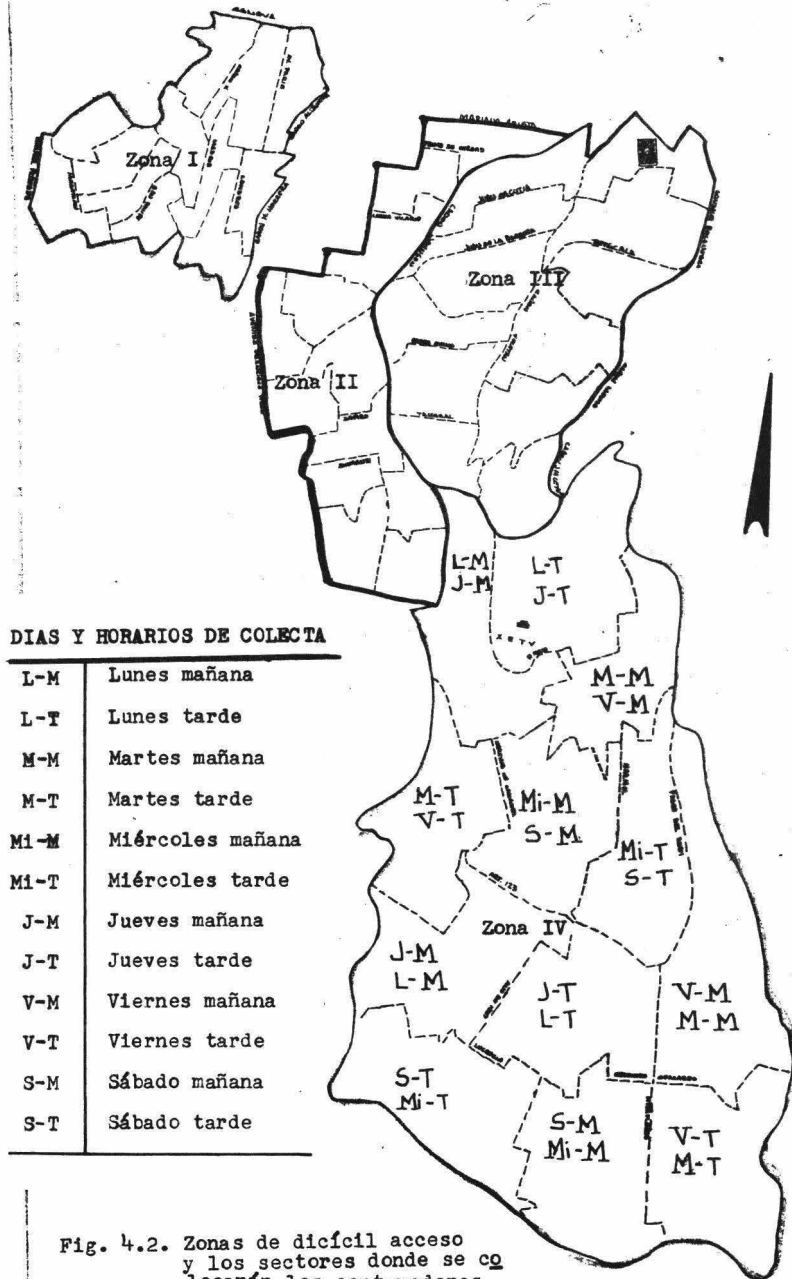


Fig. 4.2. Zonas de difícil acceso y los sectores donde se co-locarán los contenedores.

carga frontal. Las autoridades seleccionarán de la manera que crean conveniente, la ubicación exacta de estos contenedores.

A continuación se presentan los lineamientos a seguir para la colocación de contenedores en zonas inaccesibles:

- a) Se colocarán en los lugares de difícil topografía y pobre vialidad.
- b) Estarán espaciados de tal modo que los usuarios no caminen más de 50 metros.
- c) Serán anclados en los lugares predestinados.
- d) Estarán colocados en la mañana en un lugar y en la tarde en otro.
- e) Deberá dárseles servicio de mantenimiento una vez por semana.
- f) Serán metálicos para efecto de evitar su destrucción cuando puedan ser quemadas las basuras intencionalmente y deberán contar con tapadera que evite el acceso a animales domésticos, roedores e insectos.
- g) Además, deberán ser móviles y serán recogidos por un vehículo acondicionado para tal efecto.

Se propone a manera de prueba dar este tipo de almacenamiento a las dos primeras zonas durante el primer año.

TABLA 4.1 CONTENEDORES ESTIMADOS PARA ZONAS DIFICILES

ZONA	POBLACION (HABITAN)	GENERACION POR DIA DE RECOLECCION (TONELADAS)	NUMERO NECESARIO DE CONTENEDORES DE 2.3 m ³	NUMERO DE CONTENEDORES REQUERIDOS POR SECTOR
I	14,100	44.485	16	8
II	15,450	44.909	18	9
III	19,886	57.768	24	12
IV	82,950	240.969	96	48

En base a lo anterior se elaboró la tabla 4.2 que condensa el número de contenedores móviles de 2.3 m³ necesarios para dichas zonas.

TABLA 4.2 NUMERO REQUERIDO DE CONTENEDORES MOVILES DE 2.3 m³ PARA LAS ZONAS DE DIFICIL ACCESO.

AÑO DE OPERACION	TOTAL TEORICO	TOTAL CON RESERVA	REPOSICIONES	
			BAJAS	ALTAS
1974	34	38	- - -	38
1975	154	165	- - -	127
1976	154	165	- - -	- - -
1977	154	165	- - -	- - -
1978	154	165	- - -	- - -
1979	154	165	38	- - -
1980	154	165	127	127
1981	154	165	- - -	- - -
1982	154	165	- - -	- - -
1983	154	165	- - -	- - -

nota: Se propone para 1975 dar servicio por contenedores móviles a la totalidad de estas zonas.

El número estimado de vehículos necesarios para efectuar el movimiento de los contenedores es de 4 el primer año y de 12 para los siguientes. La vida útil de los contenedores y de los vehículos está estimada en 5 años. Los costos de inversión y operación para estos se resumen en la tabla 4.3. La inversión estimada por contenedor es de \$ 8,000.00 y por vehículo de \$ 70,000.00 aproximadamente. La tendencia de precios se desconoce por lo que los cálculos se hacen a precios de 1974.

TABLA 4.3 COSTOS DE INVERSION Y OPERACION DE LOS CONTENEDORES MOVILES Y LOS VEHICULOS REQUERIDOS PARA MOVERLOS

AÑO DE OPERACION	INVERSION EN MILES DE PESOS.	GASTOS DE OPERACION EN MILES DE PESOS.	TOTAL EN MILES DE PESOS
1974	584	85.0	669.0
1975	1'856	359.5	2'215.5
1976	- - -	359.5	359.5
1977	- - -	359.5	359.5
1978	- - -	359.5	359.5
1979	- - -	359.5	359.5
1980	584	359.5	943.5
1981	1'856	359.5	2'215.5
1982	- - -	359.5	359.5
1983	- - -	359.5	359.5

Fuente: Recolectora Industrial S.A. Tijuana B.C.; Automex.

4.3 ALMACENAMIENTO EN MERCADOS, HOTELES Y CENTROS COMERCIALES

En los mercados, hoteles, centros comerciales y en cualquier otro punto de gran generación de desperdicios, deberán colocarse contenedores ya sean fijos o móviles para que puedan ser cargados por el camión recolector.

Dado que se cuenta con los datos de generación por persona por día para hoteles y moteles, mencionados en la sección 3.2.3. se puede recomendar el número de contenedores de 2.3 m³ requeridos de acuerdo al número de habitaciones y la clase del hotel de la forma como se resume en la tabla 4.4

Se consideró para hacer esta estimación que los tambos almacenan un promedio de 36 Kg de basura y los contenedores 414 Kg en base a una densidad de basura de 180 Kg/m³.

TABLA 4.4 NUMERO DE CONTENEDORES O TAMBOS POR HOTEL

Fuente: Departamento de Turismo

NUMERO DE - HABITACIONES	CATEGORIA				
	"AA"	"A"	"B"	"C"	"D"
50	5T	5T	4T	3T	2T
100	1C	1C	1C	6T	4T
150	2C	2C	1C	1C	6T
200	2C	2C	2C	1C	1C
250	2C	2C	2C	2C	1C
300	3C	3C	2C	2C	1C
350	3C	3C	3C	2C	2C
400	4C	3C	3C	2C	2C
450	4C	4C	3C	3C	2C
500	5C	4C	4C	3C	2C

NOTA:

"T" Significa tambos de 200 lt

"C" Significa contenedores de $2.3m^3$

De lo anterior, tomando en cuenta la generación total de mer -
cados y hoteles, se calculó el número de contenedores fijos de $2.3m^3$
necesarios para estos establecimientos. La tabla 4.5 muestra el nú -
mero total de contenedores fijos requeridos para los próximos 9 a -
ños y su costo de inversión. No se estiman los gastos de operacón -
ya que los contenedores serán comprados por el municipio y revendi -
dos a los establecimientos que soliciten este servicio.

La inversión estimada por contenedor es aproximadamate de ----
\$ 3,000.00 y al igual que los demás, se desconoce la tendencia de -
precios para este artículo por lo que los cálculos se hacen a prg -
cios de 1974.

TABLA 4.5 NUMERO DE CONTENEDORES FIJOS DE 2.3 m³ Y SU INVERSIÓN PARA MERCADOS Y HOTELES

AÑO DE OPERACION	TOTAL TEORICO	TOTAL CON RESERVA	REPOSICIONES		INVERSION EN MILES DE \$
			BAJAS	ALTAS	
1974	64	70	- - -	70	210
1975	68	74	- - -	4	12
1976	72	78	- - -	4	12
1977	76	82	- - -	4	12
1978	81	87	- - -	5	15
1979	85	91	70	74	222
1980	89	95	4	8	24
1981	93	99	4	8	24
1982	97	103	4	8	24
1983	102	108	5	10	30

Fuente: Recolectora Industrial S.A. Tijuana B.C.

5. RECOLECCION

Siendo la recolección la parte mas onerosa del sistema es de gran importancia el diseño de la misma. Dentro de esta colecta existen varios factores a considerar como son: el método usado, la periodicidad de la misma, los problemas de vialidad, la densidad de población, tipo de sector y otros. Por lo que a frecuencia de recolección respecta deberá ser tal que el volumen acumulado de basurano sea excesivo; también, que el tiempo de generación hasta la disposición final no exceda al ciclo de reproducción de la mosca (que es de 7 a 10 días) y que no resulte excesivo el espacio destinado al almacenamiento de las basuras en centros de gran generación como son mercados y centros turísticos.

5.1. METODOS DE RECOLECCION

A continuación se mencionan algunos de los métodos más comunes que se usan en la colecta de las basuras urbanas.

5.1.1. METODO DE PARADAS FIJAS

El sistema consiste en que el usuario lleve la basura hasta un punto de concentración junto con los demás vecinos para entregarla a los operarios del sistema. Se diseña de tal manera que la longitud máxima de acarreo no exceda los 100 metros, siendo recomendable que en la mayoría de los casos dicha distancia no sobrepase los 50. La basura puede ser llevada a estos puntos en recipientes, bolsas de plástico u otro material desechable. Este método es uno de los más baratos y eficientes pero su principal desventaja consiste en -

que tiene que haber una persona de la casa siempre atenta al paso del camión. Cuando por alguna razón la recolección falla y la basura acumulada excede la capacidad del usuario, existe el problema de que este tiende a arrojarla en forma clandestina en algún lugar cercano. En base a lo anterior, para la aplicación eficaz de este método, se debe contar con el suficiente equipo de reserva para cubrir cualquier anomalía que se presente en el sistema.

5.1.2. METODO DE LLEVAR Y TRAER

Consiste en que el camión va parando a una velocidad muy lenta en cada predio, de donde los operadores sacan el recipiente, lo vacían y posteriormente lo regresan al interior del mismo. Dicho sistema aún cuando se presta a un buen servicio, es muy costoso ya que el tiempo de recolección se alarga enormemente.

5.1.3. METODO DE ACERA

Este sistema es una combinación de los dos métodos anteriores y consiste en que el usuario saca su basura hasta la acera, los operarios la recogen, vacían y regresan el recipiente al mismo lugar. El usuario regresa posteriormente el bote al predio. Este método aún cuando en el caso anterior se presta a un servicio excelente, resulta costoso. Otra desventaja es que los perros callejeros suelen en algunos casos esparcir la basura en las aceras, teniéndose que palear, aumentando los tiempos de ruta e incrementando los costos de recolección.

De manera general se puede decir que los métodos de recolección anteriormente descritos aumentan su eficiencia mediante el uso

de bolsas desechables de cualquier material apropiado, ya que reducen en gran porcentaje el tiempo y esfuerzo invertido en la operación. Para el caso de la ciudad de Tijuana se sugiere adoptar un adecuado programa, elaborado por el Departamento de Limpia, a los vecinos donde se les informe del sistema por adoptar y se les exorte al uso del tipo de recipiente propuesto o al uso de bolsas de plástico según sus posibilidades económicas. De cualquier manera las autoridades competentes deberán supervisar que los recipientes destinados al almacenamiento de basuras cumplan con los requerimientos descritos en el capítulo anterior.

5.1.4. METODO DE RECOLECCION CON CONTENEDORES

Es el método más apropiado para la recolección en centros de gran generación como son hoteles, mercados, centros comerciales, -- hospitales (para desechos no patológicos), industrias, etc. Los hay de tamaños diferentes que varían de 1 a 3 y más metros cúbicos. Ya que estos contenedores se fabrican en la ciudad y están diseñados a la densidad propia de la basura de la localidad, su aceptación estaría solo en función del diseño apropiado al tipo de camión recolector que los maneje. Deberá además, tenerse cuidado en la localización de dichos contenedores para que sea fácil su acceso y se puedan realizar maniobras sin problemas. En Tijuana, dado los problemas que presentan algunos sectores, como anteriormente se dijo, es conveniente aplicar este método en dichas zonas así como en algunos casos de los centros turísticos y comerciales.

5.2. VEHICULOS RECOLECTORES

Existen diferentes tipos de vehículos recolectores y estos son:

de carga frontal, lateral, trasera y combinaciones de las mismas. - Para la recolección domiciliaria se consideran más efectivos los de carga trasera con tolva mecánica de altura no mayor de 1.20 m. ya que estos ahorran mucho tiempo en la operación de recolección y mejoran notablemente las condiciones de trabajo y seguridad de los operarios. La tendencia actual es usar vehículos compactadores con capacidades grandes para abatir los costos de recolección.

Los vehículos de carga lateral alta, que en la mayoría de los casos se usan en México, propician accidentes y enfermedades profesionales, además de pérdidas de tiempo y esfuerzo considerables. Cabe mencionar que en este tipo de vehículo la cuadrilla de operarios es mayor que en el de carga trasera, lo que redunda en un mayor costo de operación.

Los vehículos de carga frontal se usan exclusivamente para la carga mecánica de contenedores, mediante un dispositivo consistente en un par de brazos que ensamblan con el contenedor, elevándolos y vaciándolos por la parte superior de la caja compactadora. En la actualidad en México, este sistema no es usado.

Para la ciudad de Tijuana se recomiendan varios tipos de camiones. En las zonas urbanas en donde la vialidad es adecuada para el tránsito de los vehículos recolectores, los camiones a usar deben tener una capacidad de 12 a 15 m³ y serán de carga trasera con compactación hidráulica y constar de un chasis adecuado para soportar el peso de la caja y el peso de la basura compactada. Para la selección de dicho chasis deben preverse densidades máximas de 550 a 600 Kg/m³. Los costos de estas unidades varían según la capacidad de los vehículos, de \$ 235,000.00 a \$ 340,000.00

El otro tipo de camión a emplear es el de carga frontal para contenedores. Estos serán usados cuando sea posible en hoteles y zonas de difícil acceso así como en grandes centros de generación de desperdicios. Este tipo de camión debe tener una capacidad de 15 a 20 m³, con compactación hidráulica y constar también con chasis adecuado. Como en el caso anterior, para la selección del chasis deberá preverse densidades máximas de 550 a 600 Kg/m³. Los costos de estos vehículos varían según su capacidad, de \$ 408,062.50 a \$ 418,687.50

Actualmente el municipio cuenta con unidades del tipo de carga lateral alta y carga trasera que serán utilizados hasta la adquisición de los nuevos tipos propuestos anteriormente. Se espera que el establecimiento de este nuevo sistema quede plenamente establecido a fines de 1975 aunque se prevé que debe existir una etapa de transición. Dicha etapa constará en experimentar con el uso de contenedores móviles, tanto en hoteles y mercados como en zonas problema.

5.3. DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCION

Para el diseño de rutas de recolección, se dividió la ciudad en zonas de alta, media y baja densidad de población (anexo V) con objeto de calcular la cantidad total de basura generada en dichas zonas. Con los datos obtenidos y tomando en cuenta que la recolección se hará con frecuencia de 2/7, se dividió nuevamente la ciudad en tres sectores de recolección a los cuales servirán la totalidad de los camiones. El tipo de camión escogido para dar servicio en estos lugares es el de 16 m³ de carga trasera y se tomó una densidad de diseño de 375 Kg/m³ en camión. Como se considera que los camiones

— estarán en operación un turno y harán únicamente 2 viajes de ruta, se estimó que el número requerido de camiones es de 33 unidades. La fig 5.1 muestra los sectores de recolección que tendrán servicio dos veces por semana. En la zona céntrica y comercial la recolección será diaria y se destinó otro camión de igual tipo para esta zona.

En las zonas problema el camión que hará la recolección por contenedores será del tipo de carga frontal de 25yd³ y se calculó en 2 el número necesario durante el primer año de prueba.

Las tablas 5.1 y 5.2 especifican el total de camiones de 16 y 25yd³ necesarios para los próximos 10 años de servicio. La tabla 5.3 resume la inversión total así como los costos de operación de estas unidades.

TABLA 5.1 REQUERIMIENTOS DE VEHICULOS RECOLECTORES DE 16 yd³ CON CARGA TRASERA

AÑO DE OPERACION	TOTAL TEORICO	TOTAL CON RESERVA	REPOSICIONES	
			BAJAS	ALTAS
1974	45	49	- - -	38
1975	36	40	11	2
1976	39	43	- - -	3
1977	41	43	- - -	2
1978	44	48	- - -	3
1979	47	53	38	43
1980	50	56	2	5
1981	54	59	3	6
1982	57	63	2	6
1983	60	66	3	6

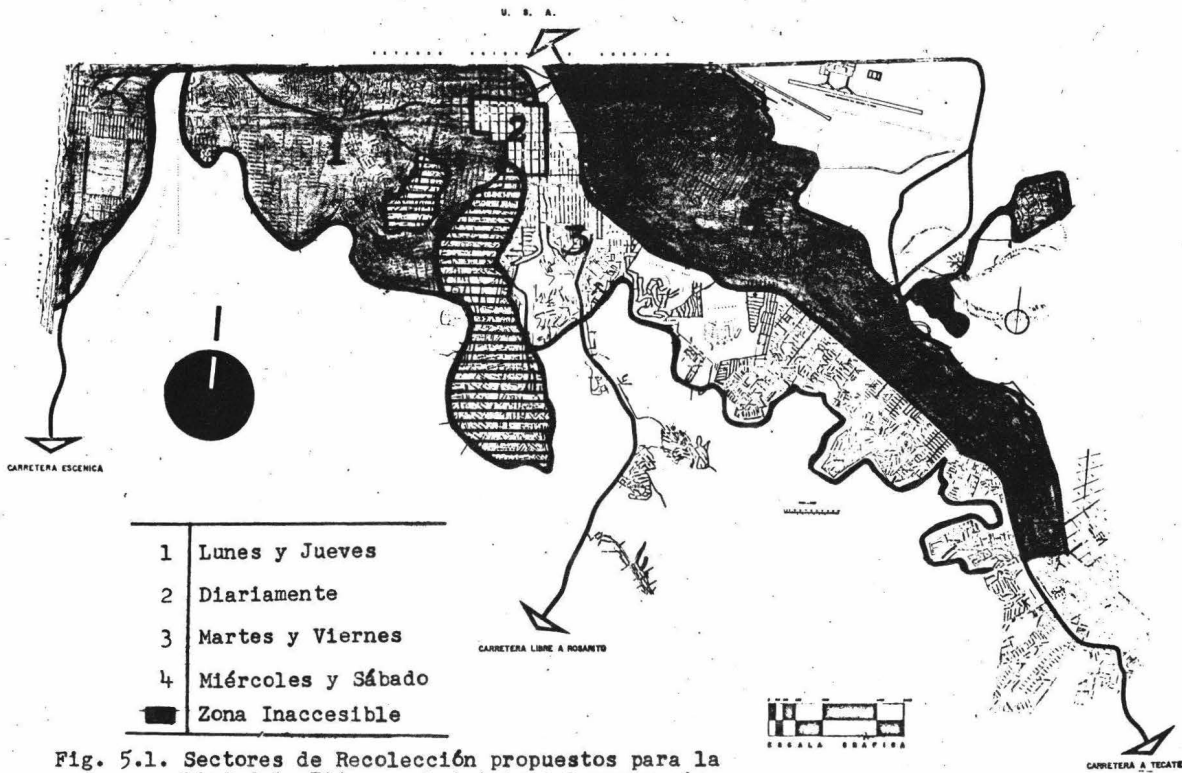


Fig. 5.1. Sectores de Recolección propuestos para la Ciudad de Tijuana al inicio del nuevo sistema.

TABLA 5.2 REQUERIMIENTOS DE VEHICULOS RECOLECTORES DE 25yd³
CON CARGA FRONTAL

AÑO DE OPERACION	TOTAL TEORICO	TOTAL CON RESERVA	REPOSICIONES	
			BAJAS	ALTAS
1974	2	2	- - -	2
1975	4	5	- - -	3
1976	4	5	- - -	- - -
1977	4	5	- - -	- - -
1978	4	5	- - -	- - -
1979	4	5	2	2
1980	5	6	3	4
1981	5	6	- - -	- - -
1982	5	6	- - -	- - -
1983	5	6	- - -	- - -

5.4. COSTOS DE RECOLECCION

El siguiente análisis de los gastos de operación es estrictamente teórico ya que se desconoce la tendencia de los costos en el futuro, tanto de mano de obra como de equipo. Por lo tanto los cálculos solo serán una base para los programas de inversiones, en valor presente.

*Para un camión de 16yd³ con carga trasera

Intereses sobre la inversión al 7 % anual	\$ 9,870.00
Reparación (50% de la depreciación anual)	23,500.00
Gasolina	17,472.00
Aceites y grasas (8% del combustible)	1,397.00
Llantas	22,000.00
Mano de obra (1 chofer y 2 peones con 30% de prestaciones)	130,977.60
Uniformes, botas etc.	2,250.00
TOTAL	\$ 207,467.60

Fuente: Datos estimados.

• Para un camión de 25yd³ con carga frontal:

Intereses sobre la inversión al 7% anual	\$ 17,138.60
Reparación(50% de la depreciación anual)	40,806.25
Gasolina	17,472.00
Aceites y grasas(8% del combustible)	1,397.75
Llantas	22,000.00
Mano de Obra(1 chofer y 1 peón con 30% de pres.)	91,384.80
Uniformes, botas, etc.	1,500.00
TOTAL	\$ 191,699.40

Fuente: Datos estimados

A continuación se especifica el plan de inversiones a seguir. -
Para esto se ha considerado una vida útil de los vehículos de 5 años

TABLA 5.3 PLAN DE INVERSION Y OPERACION DEL SISTEMA DE RECOLECCION

AÑO DE OPERACION	INVERSION EN EQUIPO	GASTOS DE OPERACION	TOTAL
1974	9'746,125	10'549,298	20'295,423
1975	1'694,187	9'257,191	10'951,378
1976	705,000	9'879,593	10'584,593
1977	470,000	10'294,527	10'764,527
1978	705,000	10'916,929	11'621,929
1979	10'921,125	11'954,266	22'875,391
1980	2'807,250	12'768,367	15'575,617
1981	1'410,000	13'390,769	14'800,769
1982	1'410,000	14'220,639	15'630,639
1983	1'410,000	14'843,041	16'253,041

Fuente: Datos estimados

Los costos de recolección unitarios por toneladas se mencionan en la tabla 5.4. Es interesante compará estos costos, con los que - actualmente se tienen y que son resumidos en el capítulo 2.

TABLA 5.4. COSTOS DE RECCLECCION UNITARIOS
(PESOS POR TONELADA COLECTADA)

AÑO DE OPERACION	POR INVERSION	PCR OPERACION	TOTALES
1974	64.54	69.86	134.40
1975	10.45	57.14	67.59
1976	4.00	56.13	60.13
1977	2.48	54.46	56.94
1978	3.45	53.51	56.96
1979	49.64	54.33	103.97
1980	11.79	53.64	65.43
1981	5.50	52.30	57.80
1982	5.09	51.33	56.42
1983	4.71	49.64	54.35

Fuente: Datos estimados.

6. DISPOSICION FINAL

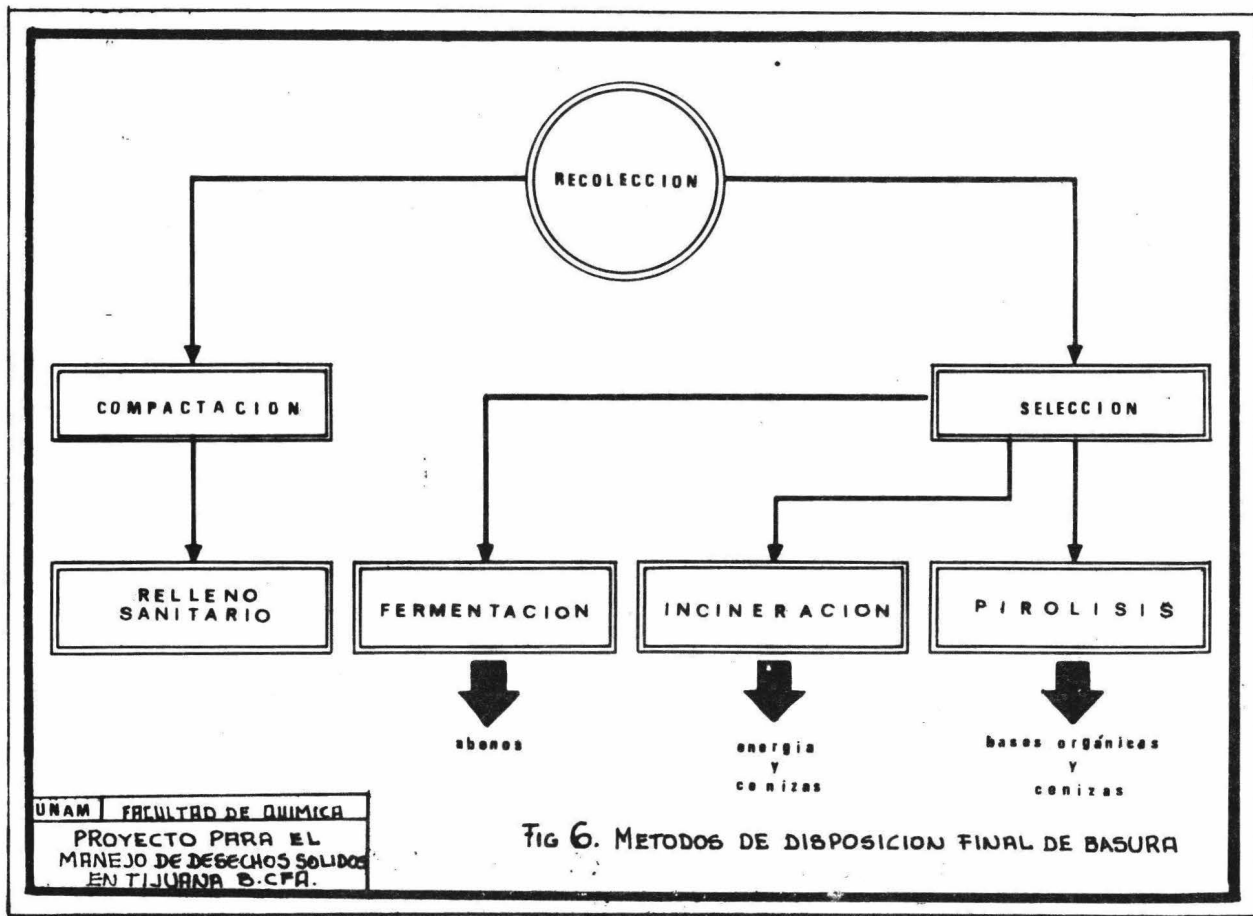
El destino final que debe dárseles a los desechos sólidos una ves recolectados, más que una decisión técnica es una decisión de administración. Al igual que todas las decisiones administrativas la disposición final de las basuras está fuertemente influenciada por los costos totales que pueda ocasionar.

En base a lo anterior, se propone la solución que sea más racional para disponer de los desperdicios producidos por la población de tal forma que dejen de ser contaminantes y que sea una alternativa que el municipio pueda adoptar de inmediato, que esté de acuerdo a su presupuesto para este concepto y que además produzca un beneficio a la comunidad. Por lo tanto, siendo esta la parte -- más crítica del sistema de manejo de desechos sólidos por la magnitud de los efectos que ocasiona, se analizan de manera más práctica los factores que la afectan.

6.1. METODOS DE DISPOSICION FINAL

Los métodos técnicos para tratar las basuras urbanas, pueden ser clasificados en cuatro grandes categorías según la solución adoptada: Pirólisis, Relleno Sanitario, Incineración y Fabricación de composta. (fig. 6.)

Actualmente estas son las únicas soluciones técnicas prácticas conocidas para tratar basura en grandes cantidades, habiéndose experimentado en diferentes países otros métodos sin que hasta la fecha estas se hayan adoptado en forma generalizada. Una descripción breve de estas cuatro soluciones prácticas de uso generalizado se ofrece a continuación.



UNAM FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL
 MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS
 EN TIJUANA S.C.P.A.

FIG 6. METODOS DE DISPOSICION FINAL DE BASURA

6.1.1. PIROLISIS

Este método recientemente lo han desarrollado las grandes industrias y a decir por las pruebas experimentadas se encuentran resultados interesantes por observar. El método consiste en someterlos desechos a un calentamiento en un horno rotatorio en ausencia de oxígeno y convertirlos en aceites ligeros, gases combustibles y carbón activado.

Este proceso tiene la ventaja de que reduce al mínimo los problemas de contaminación del aire y en plantas de arriba de 5,000-toneladas por día, los costos de operación son relativamente bajos además el sistema proporciona su propio combustible y tiene un gran potencial de recuperación de sustancias químicas o en la síntesis de gases para la manufactura de metano o hidrocarburos mayores. La fig 6.1 muestra los productos recuperables y su composición que se obtienen mediante este proceso. La fig. 6.2 presenta un diagrama de flujo del sistema.

Este proceso ocasiona altos costos de inversión y operación y su adopción es muy reciente todavía, teniéndose poca experiencia en su manejo.

6.1.2. INCINERACION

Básicamente este método consiste en un proceso de combustión-controlado para quemar desechos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos y convertirlos a gases, vapor de agua y cenizas.

La incineración se lleva a cabo en uno o más hornos de la capacidad adecuada, en los cuales la combustión ocurre cuando los desechos son expuestos a una atmósfera turbulenta por un período de

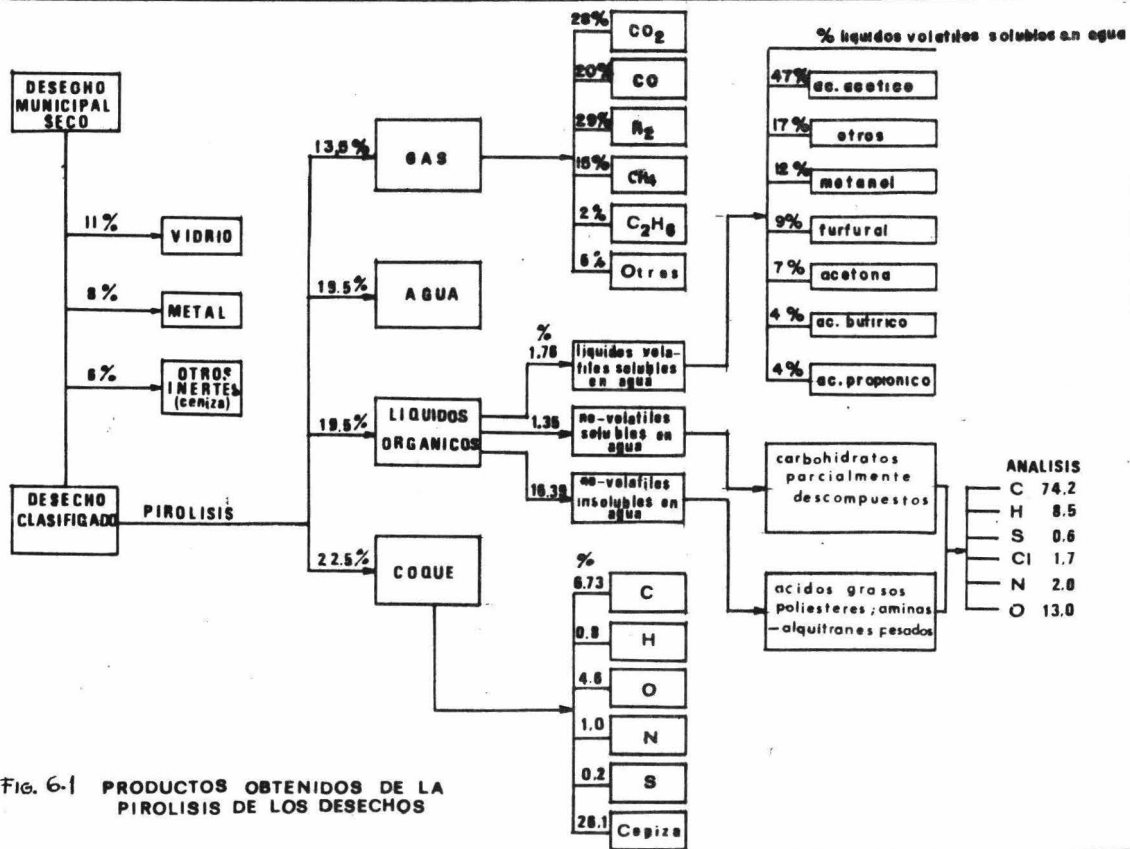
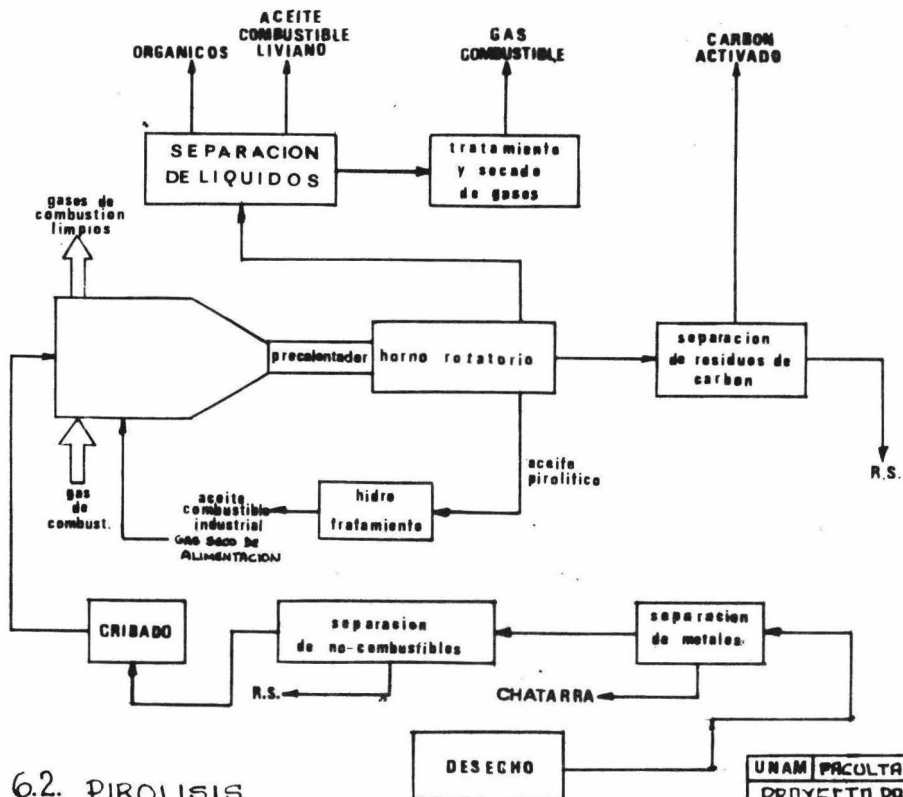


Fig. 6-1 PRODUCTOS OBTENIDOS DE LA PIROLISIS DE LOS DESECHOS

UNAM FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL MANEJO
 DE DESECHOS SOLIDOS EN
 TIJUANA B.C.F.A.



6.2. PIROLISIS

UNAM FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL MANEJO
 DE DESECHOS SOLIDOS EN
 TIJUANA B. C.P.R.

tiempo crítico y a una elevada temperatura. Durante el proceso, la humedad se transforma en vapor y la porción combustible del material se evapora y se oxida. Las reacciones efectuadas son oxidación de metales y de elementos como azufre y nitrógeno. El diagrama de flujo para este método se representa en la fig. 6.3

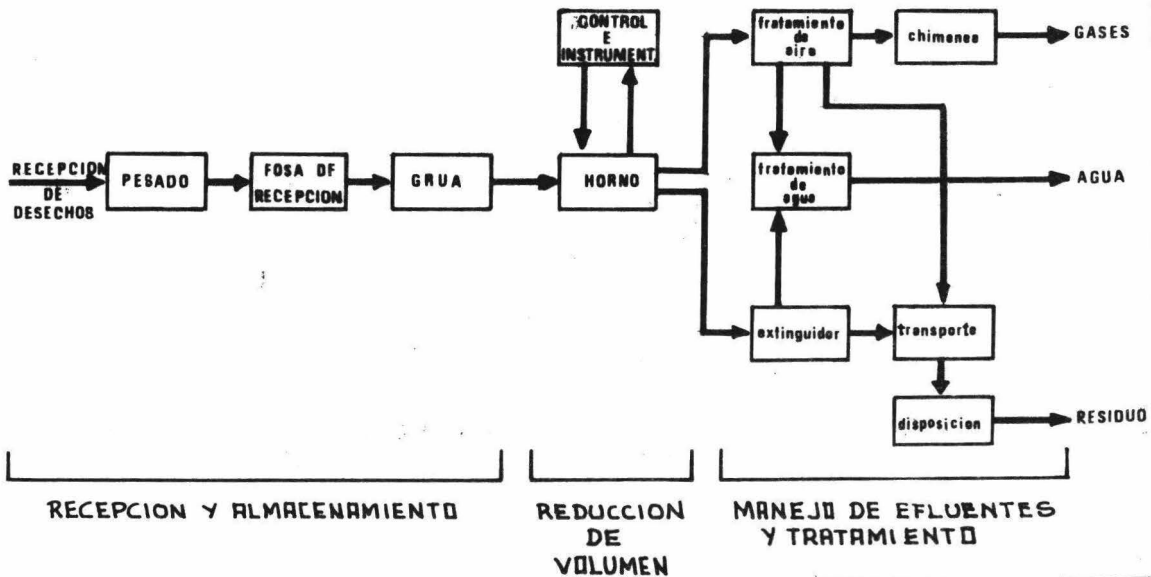
Dependiendo de un diseño confiable y una cuidadosa operación, las ventajas que ofrece un sistema de este tipo son la reducción de volumen a que somete los desperdicios alimentados que es de un 80 a un 90% del volumen original y la factibilidad de situarse en lugares céntricos de población reduciendo los costos de recolección por transporte. En instalaciones de más de 500 toneladas por día se puede utilizar el calor liberado para generar vapor el cual a su vez es utilizado para cualquier tipo de calentamiento en industrias cercanas o para generar energía eléctrica.

La incineración es un método con altos costos de operación con la desventaja de que se producen humos contaminantes a la atmósfera aunque para evitar este problema se pueden instalar, a un costo adicional, precipitadores electrostáticos o del tipo ciclónico.

La justificación para instalar un sistema como este, sería con intención de generar energía eléctrica o vender el vapor generado a la industria local.

6.1.3. RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario es un método que consiste en descargar la basura en una superficie de terreno, compactarla lo más posible a manera de evitar los espacios vacíos y cubrirla con una capa de tierra de espesor determinado de tal manera que queden formadas celdas de material compactado. Esto es con el fin de exponer la materia orgánica



6.3 INCINERACION

UNAM | FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL MANEJO
 DE DESECHOS SOLIDOS EN
 TIJUANA B.C.F.A.

gánica de la basura a una fermentación anaeróbica que con el transcurso del tiempo descomponga el desecho, lo reintegre a la tierra y proteja el quilibrio ecológico.

Este es el método más económico de los existentes, muy usado en Estados Unidos. Tiene la ventaja de que es una fórmula excelente para elevar la plusvalía de los terrenos ya que puede utilizarse en zonas de posible desarrollo o en la creación de parques públicos. Sin embargo, ocasiona ciertos problemas que deben tomarse en cuenta antes de su aplicación. La basura al descomponerse produce ciertos lixiviados que al escurrirse pueden encontrar a su paso mantos freáticos y ocasionar cierto grado contaminación de aguas, además, la fermentación anaeróbica de los desperdicios produce -- ciertos subproductos gaseosos como el metano que al quedar atrapado puede incendiarse y crear un sinnúmero de problemas.

Conociendo pues, la geología e hidrología del sitio se establece que un relleno sanitario puede llevarse a cabo en terrenos donde los mantos freáticos estén a niveles inferiores a los 1.6 m. y que el tipo de suelo no sea permeable. Por lo general, se instala un sistema de drenaje que desaloje los lixiviados y un sistema de ventilación que hace que los gases sean exalados al exterior solucionándose totalmente el problema. La fig.6.4 muestra el corte de una celda de material compactado en la que se ha instalado este control.

6.1.4. FABRICACION DE COMPOSTA

La producción de composta consiste en fermentar controladamente la basura, transformándola en un mejorador de suelos del tipo orgánico. El proceso es biológico más que químico por lo que se --

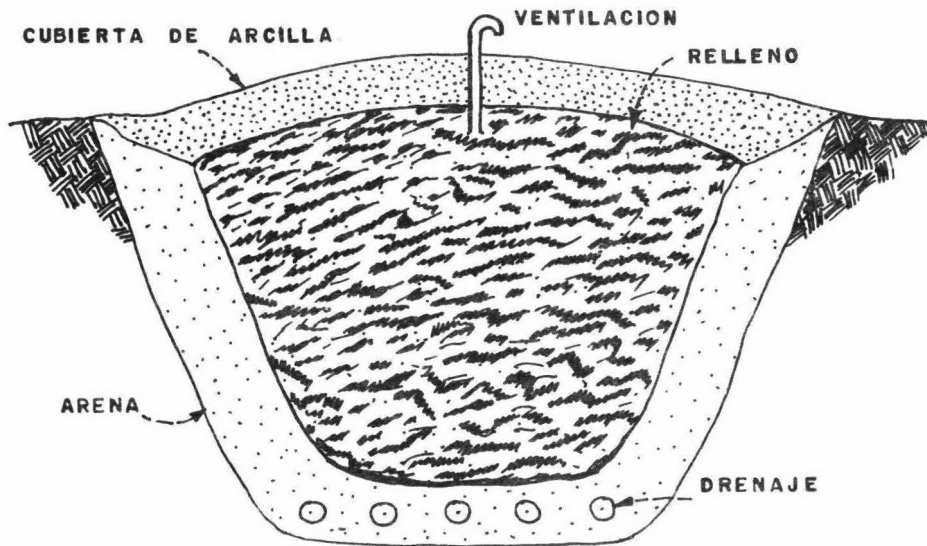


FIG. 64 CELDA DE RELLENO SANITARIO

UNAM FACULTAD DE QUIMICA
PROYECTO PARA EL MANEJO
DE DESECHOS SOLIDOS EN
TIJUANA B.C.F.A.

puede lograr de manera aeróbica o anaeróbica dependiendo de la selección elegida. Requiere de maquinaria adecuada para el manejo, trituración y fermentación de la basura, significando inversiones ligeramente más altas que la incineración. Sin embargo, adoptando este método permite un uso más racional de la basura, al producirse un producto final útil: la composta; cuya comercialización y la de subproductos clasificados y separados permite recuperar tanto la inversión inicial como los costos de operación industrial. Tiene la ventaja adicional que no se producen malos olores en el proceso, polvos o humos, ni se contaminan las aguas y el ambiente en general con gérmenes patógenos. Un diagrama del proceso se menciona en la fig. 6.5

Aparte de los métodos anteriormente descritos, puede llegarse también a soluciones mixtas de estos como son: la incineración y relleno sanitario, composteo y relleno sanitario, incineración y composteo y pirólisis con relleno sanitario.

6.2. SELECCION DE LA ALTERNATIVA

Analizando los cuatro métodos básicos y sus posibles combinaciones para tratar los desechos urbanos, existen tres alternativas técnicas adecuadas que pueden solucionar de manera efectiva la disposición final de las basuras en esta entidad: el relleno sanitario, la fabricación de composta y una combinación de reciclaje de subproductos y relleno sanitario, por las siguientes razones:

- a) El proceso de pirólisis de desechos actualmente se encuentra en etapa de experimentación y aunque se han obtenido excelentes resultados en Estados Unidos para pequeñas comunidades, no se tiene experiencia en grandes ciudades por lo que una instalación de este tipo no ofrece por el momento

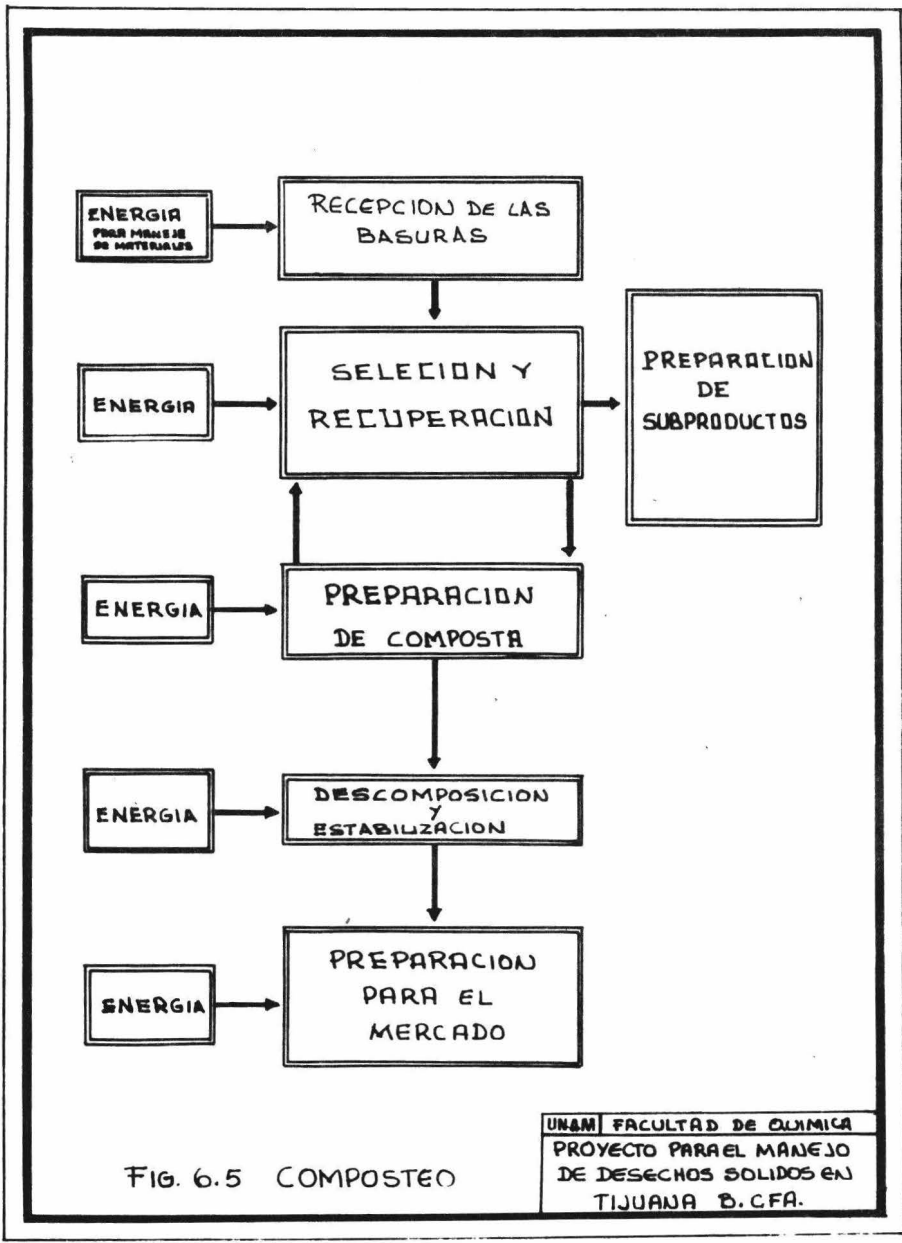


FIG. 6.5 COMPOSTEO

UNAM FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL MANEJO
 DE DESECHOS SOLIDOS EN
 TIJUANA B. C.F.A.

to ninguna garantía.

- b) La cantidad de basura generada está en el límite para la generación de energía eléctrica por medio de incineración, pero debido a la escasez de combustible en el área de Tijuana el empleo de mano de obra altamente calificada y el riesgo constante de contaminación del aire, este sistema resulta - incosteable.
- c) El relleno sanitario ocasiona baja inversión inicial ya que está fijada exclusivamente en equipo móvil y terreno; pero ya que este último puede ser propiedad federal y dado que - se cuenta con terrenos sanitariamente disponibles, este método resulta económicamente el más barato.
- d) La fabricación de composta constituye, aunque con mayor inversión que el relleno sanitario, la posibilidad de obtener utilidades y recuperar la inversión a partir de productos - indeseables. No ocasiona ningún tipo de contaminación e incorpora sociedades marginadas al proceso productivo.
- e) Una planta de recuperación de subproductos combinada con -- relleno sanitario ofrece la posibilidad de obtener utilidades mediante un método higiénico de disposición final de desechos con relativamente baja inversión.

En base a lo anterior, se hace un análisis económico de las -- tres alternativas tomando en cuenta los factores que afectan su instalación.

6.2.1. FACTORES QUE AFECTAN LA INSTALACION DE LAS TRES ALTERNATIVAS

El análisis y planteamiento para establecer un relleno sanita-

rio, una planta de composta o una combinación de ambas toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- . Población actual y futura de la ciudad.
- . El área y distribución de la población.
- . Total de generación de basuras actuales y proyecciones futuras.
- . Características del desecho.
- . Métodos actuales de disposición y costos.
- . Localización del terreno para relleno sanitario tomando en cuenta las características de geología e hidrología del sitio así como las condiciones de clima, meteorología y vialidades disponibles en el lugar.
- . Localización de la planta acondicionada a los costos de recolección óptimos, servicios disponibles y vías de acceso.
- . Localización de mercados de subproductos y composta.
- . Método de composteo y equipo adoptado según los costos de inversión y operación estimados.
- . Análisis de mercado de composta y subproductos que garanticen una recuperación de los costos totales.
- . Diseño eficiente de manejo de materiales.
- . Métodos de financiamiento.
- . Programas de información al público.

Sobre las bases anteriores y habiendo evaluado las cinco primeras al inicio del estudio, se menciona a continuación las características que debe reunir cada una de las tres alternativas.

6.3. RELLENO SANITARIO: BASES TECNICAS

El diseño de un relleno sanitario eficiente requiere de las siguientes bases preliminares:

- . Tiempo de vida estimado del relleno.
- . Su acción en el medio ambiente y en la salud pública.
- . La elección adecuada del sitio y
- . La seguridad y uso posterior que pueda ofrecer.

Generalmente el tiempo de vida está en función de la disponibilidad del terreno adecuado al volumen creciente de las basuras. De los estudios geotécnicos del suelo se decide su disponibilidad para un relleno sin ocasionar daño alguno a la ecología del sitio. La seguridad que pueda ofrecer así como su uso posterior estarán en función del método empleado y la eficiencia de operación.

6.3.1. SELECCION DEL METODO

Los métodos que existen para este tipo de instalaciones son -- los siguientes:

- a) Método de área.
- b) Método de zanjas.
- c) Combinación de los dos métodos.

El método de área consiste en esparcir los desechos conforme van siendo descargados, compactarlos contra la base de los taludes naturales que se tengan y posteriormente cubrirlos con una capa de tierra, que puede obtenerse en el sitio o ser traída de algún lugar de préstamo. Este método se usa cuando se tienen taludes naturales, excavaciones para bancos de material y un nivel alto de aguas freáticas. Las celdas que se formen se deben compactar al máximo con el

fin de obtener una alta resistencia a los escurrimientos producidos por las lluvias y disminuir la cantidad de lixiviado. La fig. 6.6.a muestra la operación de un relleno sanitario mediante este método y las especificaciones necesarias. El método de área ofrece la ventaja de que pueden acomodarse grandes volúmenes de operación y ser usado donde no es posible por problemas con el nivel freático.

El método de zanjas se usa cuando no se tienen bajos niveles de aguas subterráneas y consiste en utilizar una excavación en la cual el desecho es depositado y compactado para luego cubrirlo con una capa de tierra que de hecho es la tierra de excavación de la misma zanja. El ancho mínimo de la zanja es del doble del tractor en operación. La fig.6.6.b muestra este método. La técnica por zanjas permite la utilización del material de cubierta en el sitio y ser operado con mínimo de tamaño de frente de trabajo; aparte de esto, puede ser diseñado para un drenaje óptimo durante las operaciones de relleno y ser operado eficientemente en tiempos de lluvias.

El método combinado, como su nombre lo indica, es la combinación de estos dos.

De lo expuesto anteriormente, se escogió para la ciudad de Tijuana un lugar donde hacer el relleno sanitario el cual está situado a escasos 300 metros del sitio actual de disposición y se decidió aplicar el método de área dada sus características topográficas. El sitio es el indicado por las siguientes razones:

- . El lugar es propiedad federal por lo que no ocasiona costos de inversión por terreno.
- . Existe área suficiente para disponer de las basuras generadas en los próximos 10 años que son las proyectadas en este estudio y cuya extensión está estimada en 12 hectáreas. Además se puede utilizar el material de cubierta en el lugar, -

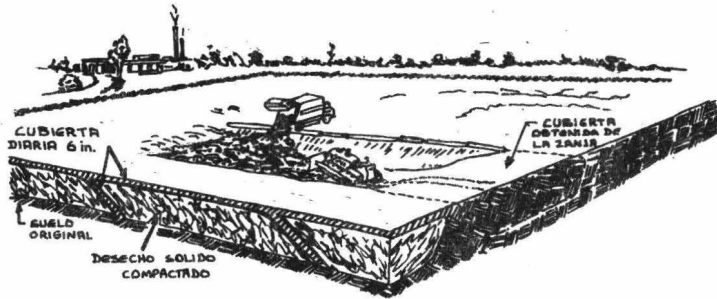


Fig. 6.6. a En el método de zanjaa, los camiones descargan los desechos en una excavación donde un bulldozer los esparce y compacta. Al final del día, la zanja se extiende y la tierra de la excavación es usada como material de cubierta.

Fig. 6.6. b En el método de área, la basura es esparcida y compactada contra los taludes naturales que se tengan. También al final del día, se cubren estos con una capa de tierra ya sea del sitio o de algún lugar de préstamo.

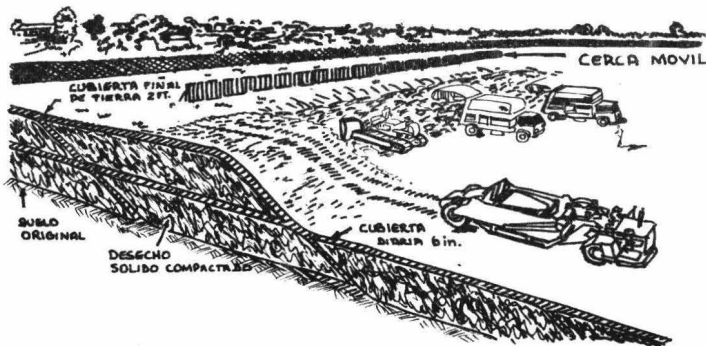


Fig 6.6. METODOS DE RELLENO SANITARIO

UNAM FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL MANEJO DE
 DESECHOS SOLIDOS EN
 TIJUANA B. CFA.

y se pueden aprovechar las hondonadas que allí mismo existen con el fin de obtener terrenos planos.

- . El sitio es adecuado para un relleno sanitario según el análisis geo-técnico realizado por el laboratorio de materiales de la Secretaría de Obras Publicas del Estado (anexo III)
- . De acuerdo al plano regulador de la ciudad, a las vialidades presentes y futuras, su localización es la permitida para no ocasionar altos costos de transporte.
- . El sitio cuenta con servicios cercanos de energía eléctrica, agua y comunicación telefónica.

Por lo tanto se sugiere que el uso último que se le dé al sitio sea la cración de algún parque o canchas de juego.

6.3.2. COSTOS DE INSTALACION PARA RELLENO SANITARIO

Los costos del relleno sanitario, como alternativa, se estiman de la manera siguiente:

<u>•Costos de Inversión:</u>		
Camino de acceso		\$ 400,000.00
Preparación del sitio		70,000.00
Obras de drenaje		50,000.00
Bardas		65,000.00
Báscula con caseta		200,000.00
Equipo móvil		1'300,000.00
Fuente: Datos estimados		
	TOTAL	\$ 2'085,000.00

La vida útil estimada del sitio es de 10 años y la inversión inicial se deprecia a 5 años; por lo tanto se tiene:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{2'085,000.00}{5} = \$ 417,000.00$$

Costos de Operación anual:

Un tractorista	\$	48,000.00
Tres peones		91,368.00
Un pesador		36,000.00
Reparaciones y mantenimiento (50% de la depreciación)		130,000.00
Combustibles y aceite		40,000.00
Prestaciones del personal		<u>52,978.00</u>

Fuente: Datos estimados

TOTAL \$ 397,978.00

• Costos anuales del servicio \$ 814,978.00

Promedio anual de basura manejada 150,000 ton.

• Costo por tonelada (primer año) \$ 5.45

6.4. PLANTA DE COMPOSTA: BASES TÉCNICAS

Los procesos unitarios o de operación para una planta de composta en gran escala son:

- a) Recepción del Desecho.
- b) Clasificación y preparación del material recuperado para su venta.
- c) Preparación de la composta (reducción de tamaño y pulverización) para facilitar su descomposición.
- d) Descomposición o fermentación (reducción de la relación C/N, destrucción de gérmenes patógenos y control de la creación de moscas).
- e) Preparación del producto para el mercado (molienda fina y empaque).

La preparación final del producto a un tamaño específico de --- partícula, la calidad fertilizadora y el empaque son muy importantes en operaciones en gran escala cuando el producto es vendido para usos diferentes. La figura 6.5 muestra los procesos unitarios, el diagrama de flujo del material y las operaciones para las cuales se requiere suministro de energía en plantas de composta. Las figuras 6.7 y 6.8 ilustran algunos arreglos y secuencia del equipo.

Cualquiera de los métodos puede ser satisfactorio para una operación particular y otros arreglos pueden ser usados para producir el producto deseado más económicamente bajo condiciones diferentes de suministro de energía, materia prima y costos de equipo.

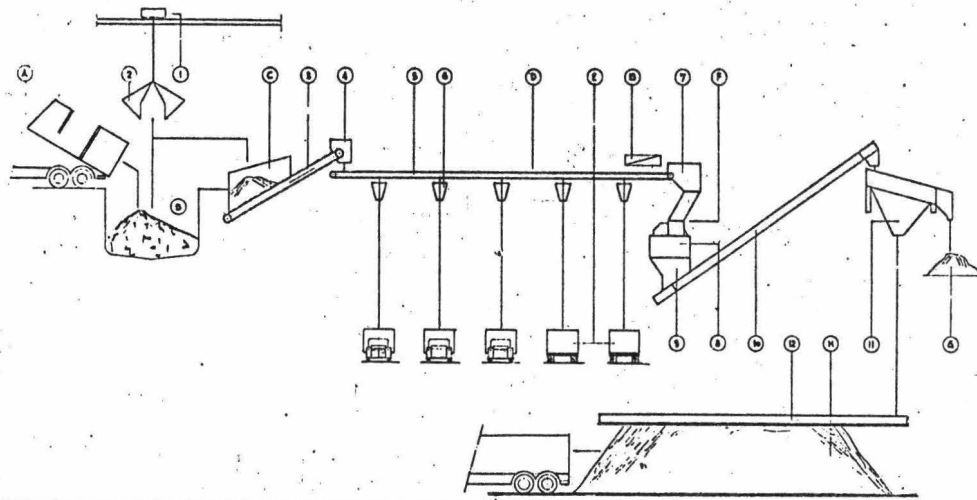
La recepción del desecho debe estar diseñada para almacenar los desechos tan rápido como descarguen los camiones recolectores, permiti

tiendo un tiempo mínimo de descarga y una capacidad que admita los periodos de altas y bajas del material. Un arreglo puede ser una tolva que almacene y que permita su manejo por medio de una grúa de almeja que a su vez dosifique las bandas de selección; otra, sería una tolva con banda transportadora en el fondo que con regulación de velocidad admita de manera continua la alimentación del material.

La separación de papel, trapo, metales no ferrosos y objetos voluminosos bien se puede hacer a mano o con alguna ayuda mecánica; si la clasificación se hace con equipo mecánico, se supervisa el equipo con uno o dos técnicos de operación que remuevan manualmente todo tipo de material voluminoso. Si se hace a mano, se maneja el desecho con transportadores de banda con ayuda de un separador magnético colocado ya sea a la entrada o, a la salida del material de banda. El subproducto recuperado se maneja según su tipo; se pueden hacer pacas de cartón, papel o trapo. El vidrio puede almacenarse en contenedores lo mismo que el plástico y el metal. Depende de las condiciones requeridas por el comprador.

La preparación del material antes de llegar a la trituración tiende a eliminar aquel desperdicio que en alguna forma dañe el equipo de trituración y a remover aquel que no sea degradable. Esta operación se realiza mediante cribas que tamizan el material a tamaños de 1 a 3 cm. de diámetro.

Posteriormente, la trituración reduce de tamaño las partículas hasta casi 6 mm. Esta operación se lleva a cabo en molinos de martillos, en máquinas raspadoras o en algún otro tipo de equipo destinado a ese fin. El triturador deberá tener capacidad suficien



- | | | | |
|---|-------------------------|----|--------------------------|
| A | Rampa de Acceso | 7 | Tolva de Entrada |
| B | Tolva de Recepción | 8 | Molino |
| C | Tolva de Alimentación | 9 | Tolva de Salida |
| D | Clasificación | 10 | Transportador |
| E | Manejo Subproducto | 11 | Criba |
| F | Molienda | 12 | Transportador Repartidor |
| G | Rechazos | 13 | Separador Magnético |
| H | Composta | | |
| 1 | Grúa de Recepción | | |
| 2 | Mandíbula | | |
| 3 | Banda de Tablillas | | |
| 4 | Tolva de Salida | | |
| 5 | Banda de Clasificación | | |
| 6 | Tolvas de Clasificación | | |

Diagrama de una Planta de Recuperación de Residuos Sólidos. Recepción, Clasificación, Molienda y Cribado.

FIG. 6.7 FABRICACION DE COMPOSTA EN PILAS

UNAM	FACULTAD DE QUÍMICA
PROYECTO PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN TIJUANA B.C.F.A.	

te para manejar el máximo de entrega diaria de basura en el período normal de operación. Algunas veces más de un triturador suele ser usado en plantas de más de 50 toneladas por día con objeto de permitir el mantenimiento y reparación de las máquinas mientras la planta esté en operación.

El proceso de composteo se puede llevar a cabo, y aquí es donde estos difieren, por medio de cualquiera de los siguientes métodos:

- a) Método de pilas
- b) Método de camellones
- c) Método Prat
- d) Método Dano
- e) Método Earp-Thomas

Los dos primeros métodos son considerados como lentos o al aire libre; los restantes son los llamados acelerados y se llevan a cabo en digestores que pueden ser cilindros horizontales como el Dano o verticales como el Earp-Thomas, en los cuales el desecho es agreado mecánicamente.

En el método de pilas, se lleva el material de los molinos a un patio de fermentación circular por medio de bandas transportadoras y es descargado mediante un puente móvil. Al final de este puente, en la canaleta de descarga, se encuentra instalado un sistema de irrigación que permite añadirle a la basura el agua necesaria para obtener la humedad ideal para la fermentación. En la parte inferior del área de fermentación puede existir una red de tuberías que contengan aire a presión, alimentado por ventiladores, los cuales -- permiten la circulación de aire fresco dentro de las pilas logrando

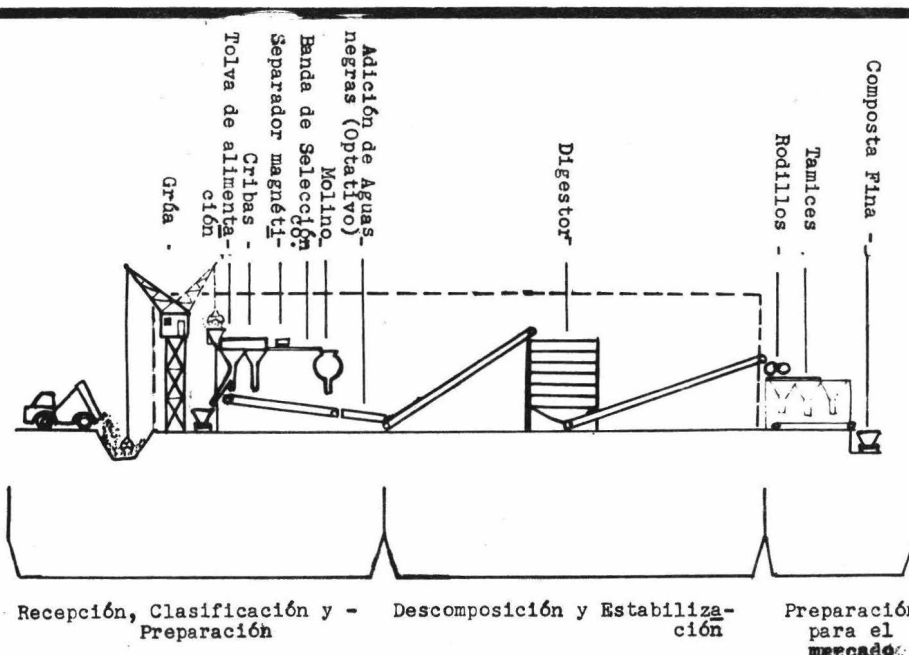


FIG. 6.8 FABRICACION ACCELERADA DE COMPOSTA

UNBIA FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL MANEJO DE
 DESECHOS SOLIDOS EN TUNJANA BA

además desalojar el Bióxido de carbono producido. Un promedio de 21 días se requieren para transformar la basura en composta para este caso. La fig 6.9.a muestra un arreglo de las pilas y las medidas, - que a través de la experiencia, se recomiendan.

El sistema de camellones consiste en descargar la basura en -- largos montones con arreglo en camellón y permitir un proceso igual al anterior. Dada la forma de arreglo del material, se ha observado que la descomposición biológica es más uniforme y proporciona flexi bilidad en la operación, aparte de que se requieren terrenos no muy grandes para tratar el material y el costo del equipo es relativa mente más pequeño. La aereación se logra mediante volteos que lle van el desperdicio a los pasos de prefermentación, fermentación y - maduración lográndose una composta uniforme en 12 semanas. De estos dos métodos, el más económico para grandes cantidades de basura es el de camellones por su facilidad de operación y la homogeneidad -- del producto. La fig. 6.9.b muestra este arreglo con ciertas caracte rísticas.

En los métodos acelerados, como anteriormente se dijo, el com posteo se lleva a cabo en recipientes digestores (tanques o canastas) colocados bajo techo que cuentan con un sistema de ventilación for zada que permite obtener una fermentación acelerada. Estos procesos han sido utilizados con éxito en plantas de menos de 200 toneladas por día por lo que los costos unitarios de manejo del producto son mayores que los correspondientes al composteo en camellones. El cos to de los digestores, su mantenimiento y la energía requerida aumen tan los costos totales. Las ventajas que ofrecen estos últimos son que no están afectados por las variaciones en el climacomo son tiem

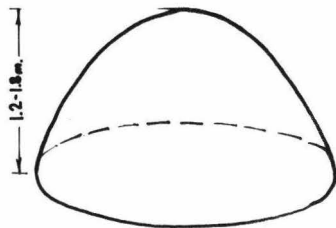
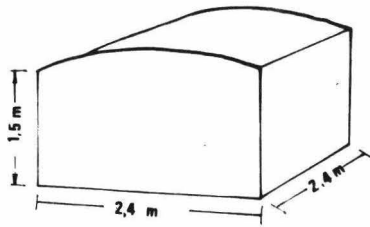


FIG 6.9a FORMAS Y MEDIDAS DE PILAS

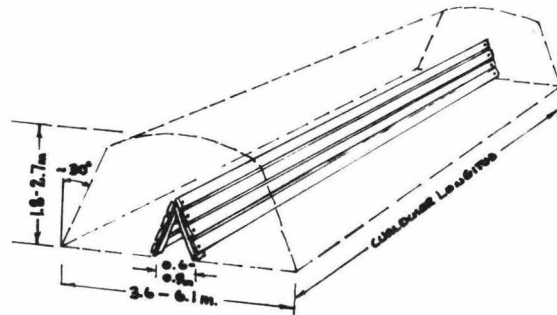
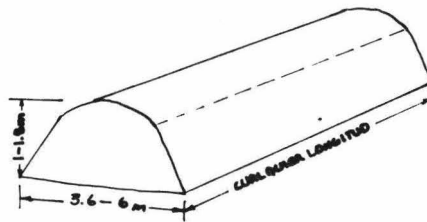


FIG. 6.9b FORMAS Y MEDIDAS DE CAMELONES

FIG. 6.9. COMPOSTEO EN PILAS Y CAMELONES

UNAM | FACULTAD DE QUIMICA
 PROYECTO PARA EL MANEJO DE
 RESIDUOS SOLIDOS EN
 TIJUANA B. C.F.A.

pos de lluvias y nieve y épocas prolongadas de frío. Son además muy eficientes para pequeñas ciudades donde el objetivo principal en su instalación es la obtención y comercialización de la composta.

Finalmente, después de haber logrado la descomposición del desecho, se procede a prepararlo para su venta. Según la aplicación -- que se le quiera dar, la composta puede ser llevada a una molineta fina o a un tamizado más pequeño. El equipo para esta última etapa puede consistir en un molino de martillos que produzca un material más pulverizado o puede consistir en un conjunto de cribas rotatorias o vibratorias con tamaño de malla adecuado al deseado. Como paso accesorio sería la instalación de un equipo de empaque mecánico, que embolse el producto fino que vaya a ser destinado a jardinería -- aunque esto depende de la demanda que se tenga del producto.

6.4.1. SELECCION DEL METODO

En base a lo expuesto anteriormente, para la capacidad necesaria en Tijuana y considerando los factores antes mencionados, el sistema de composteo por camellones se consideró el más adecuado, -- ya que con una inversión moderada y contando con terrenos que reúnen las características necesarias, se obtiene un producto de buena calidad con bajos costos de operación.

6.4.2. COSTOS DE INSTALACION PARA UNA PLANTA DE COMPOSTA

Este tipo de plantas con composteo en camellones son modulares y procesan satisfactoriamente de 65 a 80 toneladas por turno por línea. Tomando en cuenta que para una "pepena" eficiente, cada línea debe procesar un máximo de 80 toneladas por turno, la capacidad a --

instalar será tal que tenga dos líneas para poder procesar las 480 toneladas que se generarán por día en 1976 y que tenga además una obra civil capaz de aceptar una tercera línea en el futuro.

La planta deberá localizarse en un terreno con una superficie mínima de 10 hectáreas y estará distante cuando menos 500 metros de las zonas habitacionales, pero lo suficientemente cerca de los principales núcleos de generación de basuras como para evitar largos y costosos transportes de las mismas.

Los costos de estas plantas varían según la compañía que las fabrique y se estima su costo entre 10 y 20 millones de pesos incluyendo la obra civil y el equipo móvil necesario. Hasta que el municipio efectúe el llamado a concurso para la adquisición de la planta y se cuente con el costo exacto, solo se pueden adelantar algunos costos de inversión y operación, basados en las experiencias que se tienen de las plantas que operan en Monterrey y Guadalajara.

6.4.2.1. COSTOS DE INVERSION

	<u>INVERSION INICIAL</u> (\$)	<u>PERIODO DE DEPRECIACION</u>	<u>AMORTIZACION O DEP.</u> \$/AÑO
MAQUINARIA	7'000,000	10 años	700,000
OBRA CIVIL	2'000,000	20 "	100,000
EQUIPO MOVIL Y ACCESORIOS	1'000,000	5 "	300,000
TOTAL	10'500,000		1'100,000

Fuente: Propuesta de SWECOMEX, Gondard.

Nota: no se incluyen los gastos financieros.

6.4.2.2. COSTOS DE OPERACION

Básicamente este costo se divide en gastos de personal, que en este tipo de instalaciones es el más oneroso, y en gastos varios -- que incluyen mantenimiento, electricidad, etc. A continuación se resumen dichos costos.

*Personal directo de producción

Ocupación	Sueldo Mensual Propuesto	6 turnos-banda 2 bandas 480 T/d personas	\$ por año
Mayordomo	4,000	3	144,000
Rechazo	2,538	6	182,736
Chatarra	2,538	6	182,736
Papel 1a.	2,538	24	730,944
Papel 2a.	2,538	24	730,944
Papel 2a.	2,538	24	730,944
Trapo	2,538	6	182,736
Limpiador trapo	2,538	6	182,736
Vidrio	2,538	6	182,736
Clasific. vidrio	2,538	3	91,368
Criba	2,538	6	182,736
Molienda fina	2,538	3	91,368
Empaque	2,538	3	91,368
TOTAL			2*976,408

Fuente: Datos estimados.

•Personal indirecto de producción

Ocupación	Sueldo Mensual Propuesto	6 turnos-banda 2 bandas 480 T/d personas	\$ por año
Gerente	15,000	1	180,000
Superintendente	12,000	1	144,000
Jefe de Turno	10,000	3	360,000
Contador	9,000	1	108,000
Op. trascavo	4,000	3	144,000
Op. grúa	3,500	3	126,000
Mecánicos	5,000	2	120,000
Ayud. mecánico	3,500	3	126,000
Electricistas	5,000	2	120,000
Ayud. electric.	3,500	3	126,000
Soldadores	4,000	2	96,000
Choféres	3,500	6	252,000
Pesador y Pagador	3,800	2	91,200
Embarcadores	2,538	2	60,912
Almacenistas	4,000	2	96,000
Fumigadores	5,000	3	180,000
Limpieza	2,538	6	182,736
Veladores	2,538	6	182,736
Enfermeras	3,500	2	84,000
Secretarias	3,500	3	126,000
TOTAL			2'905,584

Fuente: Datos estimados.

Al personal descrito anteriormente habrá que aumentarle un 30% de prestaciones sobre el sueldo. Lo anterior se resume en la tabla siguiente

•Resumen de costos de personal

Concepto	6 turnos-banda
Personal directo	\$ 2'976,408
Personal indirecto	2'905,584
Sub-total	<u>5'881,992</u>
30% de prestaciones	<u>1'764,598</u>
TOTAL	\$ 7'646,590

6.4.2.3. COSTOS VARIOS

Para calcular el consumo de energía eléctrica, se tomó como base el consumo de 18 Kw/ton de basura procesada (Dato proporcionado por el fabricante del equipo) y se le aplicó la tarifa creciente según el consumo. Para mantenimiento se tomó como dato \$ 6.50 /ton.- Con estos datos y otros se estimaron los gastos previstos en la instalación.

•Costos varios

Concepto	6 turnos-banda
Energía eléctrica	\$ 729,882
Agua	60,000
Mantenimiento	936,000
Combustible y lubricantes	210,000
Imprevistos (7% de la Op.)	500,000
TOTAL	<u>\$ 2'435,882</u>

Fuente: Datos estimados.

El total de gastos de operación anual asciende a \$10'082,472 lo que representa un costo por tonelada de \$ 70.01

6.4.3. ESTIMACION DE INGRESOS POR SUBPRODUCTOS PARA LA PLANTA DE COMPOSTA

Actualmente no existe ningún problema para colocar en el mercado los subproductos que serán obtenidos en la planta. Del análisis de mercado realizado en la localidad se observó que existen compradores potenciales que pueden absorber la totalidad de subproductos recuperados en las bandas; algunos de ellos dentro de la ciudad y algunos otros en poblaciones de E.U. cercanas a Tijuana B.C. Por lo tanto cabe mencionar que si se persigue un móvil económico de operación rentable a la planta, la decisión deberá ser tomada en función de los precios a que pueden ser vendidos estos materiales. A continuación se muestran los precios actuales en México y en E.U. a los que es posible comercializar los subproductos.

Subproducto	Precio en México		Precio en E.U.
	L.a B.	\$/Ton Planta.	\$/ton C.I.F.
Cartón		450	757
Papel		240	275
Vidrio		190	250
Trapo		250	340
Chatarra		450	620

Fuente: CANACINTRA, Tijuana, B.C.

Como es de observarse su comercialización a E.U. resulta de mejores ingresos aunque se debe tomar en cuenta el permiso de exportación de los materiales. Las autoridades tomarán en cuenta las dos alternativas y decidirán la que les sea más conveniente.

Ya que existe un cierto factor de eficiencia de recuperación en banda para cada uno de los subproductos, al estimar su ingreso neto, se tomaron en cuenta como base de cálculo, los factores obte-

nidos en las ciudades de Monterrey y Guadalajara y se resumen en la tabla 6.1. En esta tabla se estiman los ingresos por subproductos - para el primer año de operación en base al análisis de laboratorio- efectuado (anexo IV) y a precios en la ciudad.

TABLA 6.1. INGRESOS POR SUBPRODUCTOS

Subproduct.	% Teórico	Factor de Recup.	% de rec en banda	480 T/d Procesada	Precio L.a B. Pl. \$/Ton	INGRESOS - \$
Papel	34.20	0.35	11.97	57.456	240	13,789.44
Cartón	2.89	0.50	1.44	6.936	450	3,121.20
Trapo	9.64	0.30	2.89	13.881	250	3,470.40
Vidrio	3.78	0.43	1.62	7.801	190	1,482.36
Chatarra	5.87	1.00	5.87	28.176	450	12,679.20
No ferroso (aluminio)	0.28	0.70	0.19	0.940	2,500	2,352.00

Ingreso total por día: \$ 36,894.60

Ingreso Anual (300 días) \$ 11,068,380.00

Ingreso por tonelada procesada (primer año) \$ 76.86

6.4.4. ESTIMACION DE INGRESOS POR COMPOSTA

La incorporación al mercado nacional de la composta, fuente im- portante de materia orgánica producida a partir de nuestros propios desechos, vendría a solucionar el problema de tierras altamente im- productivas que tiene el país ya que satisface los requerimientos - necesarios para su uso en la agricultura. Sin embargo la comerciali- zación de la composta obtenida, requerirá de una fuerte campaña ten- diente a demostrar a los agricultores de la zona, las ventajas de- incorporar un mejorador orgánico de suelos de origen natural que me- jora los rendimientos de sus tierras independientemente de los fer-

tilizantes que apliquen. Las áreas donde se recomienda que concurra el producto final quedarán determinadas en un radio de acción hasta donde los costos de transporte no resulten onerosos y podrá ser usado con los fines siguientes.

- a) Por agricultores en la aplicación directa de sus tierras.
- b) Por instituciones oficiales en sus campañas tendientes a evitar la erosión de la zona y la salinidad de las tierras así como en los programas tendientes a dotar de áreas verdes a las ciudades.
- c) Por particulares, en sus proyectos de desarrollo turístico y habitacional que requieran de zonas verdes.

Adicionalmente podrá concurrirse con el producto a la exportación a las zonas limítrofes de E.U. para ser usado por los agricultores norteamericanos, si así se considerara conveniente.

Dado que se trata de un producto nuevo, que la creación de un hábito de consumo estará en función de la relación costo-beneficio que provoque su utilización al agricultor y que esta depende de un amplio análisis de las experimentaciones que se realicen en función de las calidades de tierras y cultivos, se proponen con base en experiencias que se tienen de Monterrey y Guadalajara, precios de venta de \$ 50.00 y \$ 70.00 la tonelada de composta L.a B. planta. La tabla 6.2 resume los ingresos esperados.

TABLA 6.2. INGRESOS ESPERADOS POR LA VENTA DE COMPOSTA

BASE	COMPOSTA (') Ton/día	INGRESOS POR DIA	
		\$ 50.00	\$ 70.00
480 Ton.	205	10,270.00	14,378.00

(') Se considera que el material composteable será el total no recuperado menos un 10% por rechazo, con un 65% de conversión.

6.4.5. ANALISIS ECONOMICO

Por lo anterior y para dar una idea general, se presenta un análisis optimista en donde se espera vender el 100% de la composta y otro plan en donde se tiene una venta del 0%. Se toma en cuenta en este analisis un 85% de eficiencia de planta debido a las fallas que pueda presentar en cualquier etapa de su operación.

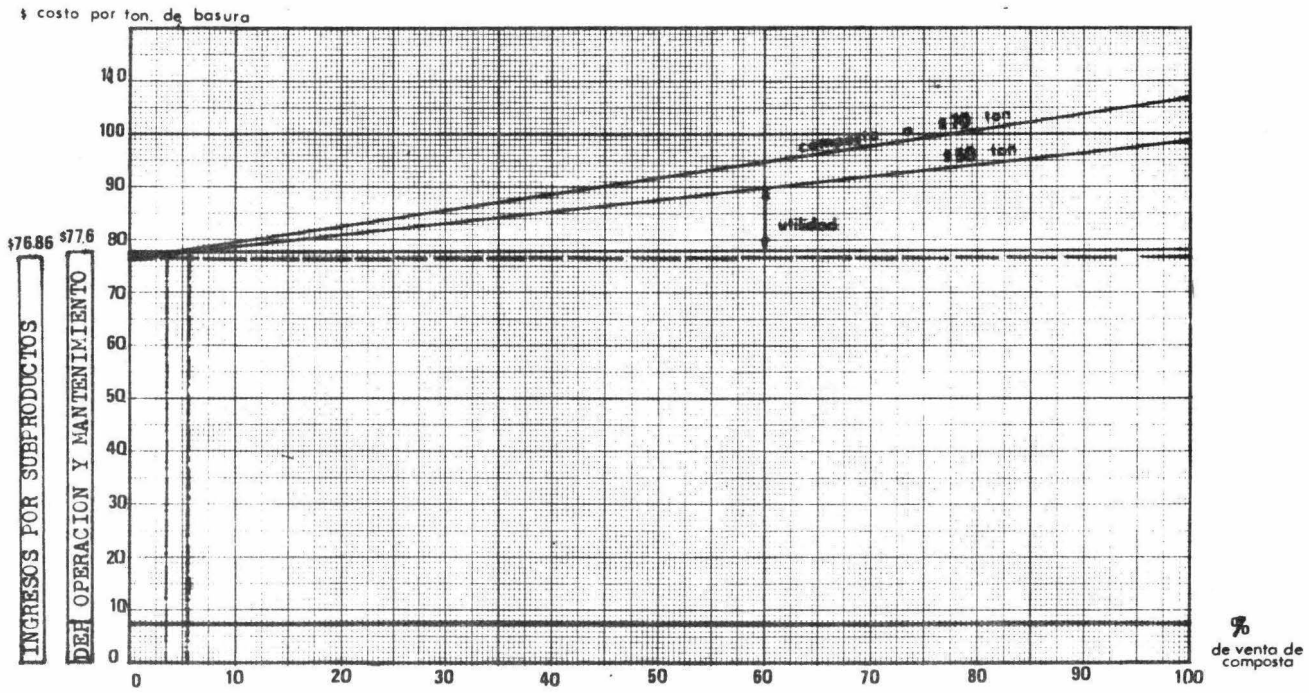
.Rentabilidad cuando se vende el 100% de la composta y el 100% de los subproductos

Precio Ton. Composta.	Ingresos anuales-- \$ x 1000	Egresos anuales - \$ x 1000	Utilidades \$ x 1000	Rentabilidad antes de impuestos
50	12'026	10'082	1'944	18.5 %
70	13'074	10'082	2'992	28.6 %

.Rentabilidad cuando solamente se vende el 100% de subproductos

Ingresos anuales \$ x 1000	Egresos anuales \$ x 1000	Utilidades \$ x 1000	Rentabilidad antes de imp
9'408	10'082	negativo	negativo

La gráfica 6.1 muestra este comportamiento.



Graf 6.1 GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO PARA UNA PLANTA DE COMPOSTA EN TIJUANA B.C.

6.5 PLANTA DE RECICLO DE SUBPRODUCTOS CON RELLENO SANITARIO

El objeto de una planta de este tipo para el tratamiento final de la basura en la que no se produce composta, se debe a que se pretende obtener un ahorro por concepto de inversión en molinos, cribas y demás accesorios que en la planta de composta ocasiona altos costos y reducir a su vez los costos de operación y mantenimiento por dicho equipo. Por lo tanto se hace el siguiente análisis económico para esta alternativa.

6.5.1. INVERSION INICIAL

	Inversión	vida útil	Depreciación o Amortización anual \$/año
OBRA CIVIL	2'500,000	20	125,000
MAQUINARIA	7'500,000	10	750,000
EQUIPO MOVIL	1'000,000	5	200,000
	11'000,000		1'075,000

Fuente: Propuesta SWECOMEX, Gondard.

6.5.2. COSTOS DE OPERACION

•Personal directo de producción en banda

Personal por turno por banda	Número de personas	Costo Anual
Papel de 1a.	4	\$ 121,824.00
Papel de 2a.	4	121,824.00
Chatarra	1	30,456.00
Trapo	1	30,456.00
Vidrio	1	30,456.00
Rechazo	1	30,456.00
TOTAL		\$ 365,472.00

Fuente: Datos estimados.

a) 6 turnos-banda	\$ 2'192,832.00
b) 7 turnos-banda	2'558,304.00
c) 8 turnos-banda	2'923,776.00

•Personal indirecto de producción:

Personal	Número de personas	Sueldo anual	Total anual
Gerente	1	180,000	180,000
Contador	1	108,000	108,000
Superintendente	1	120,000	120,000
Mayordomos	2	48,000	96,000
Empacadores	10	30,456	304,560
Mecánico	1	60,000	60,000
Electricista	1	60,000	60,000
Ayud. Electr.	2	42,000	84,000
Choferes	2	42,000	84,000
Pesador	1	36,000	36,000
Op. Grúa	2	42,000	84,000
Almacenista	1	48,000	48,000
Limpieza	3	30,456	91,368
Velador	1	30,456	30,456
Fumigador	2	60,000	120,000
Enfermera	1	42,000	42,000
Secretaria	1	42,000	42,000
TOTAL			1'590,384

Fuente: Datos estimados.

•Resumen de costos de personal(6 turnos-banda)

<u>Concepto</u>	<u>Total Anual</u>
Personal directo en banda	\$ 2'192,832.00
Personal indirecto	1'590,384.00
Sub-total	3'783,216.00
30% de prestaciones	1'134,965.00
TOTAL ANUAL	\$ 4'918,181.00

6.5.3. COSTOS VARIOS

<u>Concepto</u>	<u>Total Anual</u>
Electricidad	\$ 337,334.00
Mantenimiento (\$2.00/ton.)	288,000.00
Combustible y lubricantes	50,000.00
Imprevistos (7% de la Opo.)	385,000.00
TOTAL ANUAL	\$1'060,334.00

Fuente: Datos estimados

6.5.4. COSTOS DEL RELLENO SANITARIO

Puesto que este costo ya se había calculado con anterioridad, para obtener el costo total se multiplicó el costo unitario por tonelada obtenido para efectuar el relleno sanitario por el total de basura que va a dicho relleno.

Tomando como base las 480 toneladas procesadas se tiene que se recuperan 115.9 ton/día, por lo tanto:

Toneladas a disponer al año	133,155
Costo por tonelada a relleno	\$ 5.45
Costo total	\$ 725,684.75

6.5.5. INGRESOS POR SUBPRODUCTOS

De la tabla 6.1 se tiene que el total de ingresos anual para el primer año es de \$ 11'068,380.00

6.5.6. ANALISIS ECONOMICO

De la misma manera que para la alternativa anterior se hace un breve análisis económico de la rentabilidad que pueda obtenerse para una planta de este tipo tomando en cuenta que la venta de los subproductos se hace al 100% y que la inversión inicial fue de --- \$ 11'000,000.00 (la inversión es mayor que en la planta de composta ya que se tienen 3 bandas de selección en vez de 2)

•Rentabilidad de la planta de recicló-relleno sanitario

Ingresos anuales \$ x 1000	Egresos anuales \$ x 1000	Utilidades \$ x 1000	Rentabilidad antes de I.
11'068	7'779	3'289	30 %

-oOo-

Tomando en cuenta que para este gasto, el municipio requiere de ciertos ingresos que sean constantes y que son los vecinos los que al ser beneficiados pueden, en forma conjunta, afrontar esta inversión, se propone un sistema tarifario que encierre el costo total para cada una de las alternativas y se distribuya entre el total de la población con objeto de reducir al mínimo dicho costo.

Para el caso de las alternativas donde se tienen utilidades, estas reducen aún más la tarifa, ya que se reparten entre los vecinos dichos ingresos.



7. SISTEMA TARIFARIO Y RESUMEN DE COSTOS

7.1. SISTEMA TARIFARIO

El sistema tarifario que se propone a continuación es simplemente el costo promedio del proyecto a través de 10 años de operación e incluye los costos de inversión, operación y recolección correspondiente a cada una de las tres alternativas de disposición final propuestas anteriormente.

El costo anual por persona por concepto de recolección es de -- \$ 24.48 por lo que si se toma un promedio de 5.5 habitantes por casa habitación se tiene que la cuota mensual por familia por el servicio es de \$ 11.23

a) Tarifa propuesta para alternativa de Relleno Sanitario:

. Costo mensual familiar por recolección	\$ 11.23
. Costo mensual familiar por relleno sanitario	<u>0.80</u>
Tarifa	\$ 12.03

b) Tarifa propuesta por alternativa de Planta de Composta

. Costo mensual familiar por recolección	\$ 11.23
. Utilidad mensual familiar promedio por la -- planta de composta al 50% de venta de compo- sta a \$ 70.00 la tonelada.	<u>1.54</u>
Tarifa	\$ 9.69

c) Tarifa propuesta para alternativa de Planta de Reciclo-Relleno Sanitario.

. Costo mensual familiar por recolección	\$ 11.23
. Utilidad mensual familiar promedio por Plan- ta de Reciclo-Relleno Sanitario	<u>4.42</u>
Tarifa	\$ 6.81

TABLA 7.1. RESUMEN DE COSTOS DE INVERSION Y OPERACION DEL SISTEMA
(MILES DE PESOS)

año	Recolección		a) Relleno Sanitario		b) Planta de Reciclo-relleno sanitario		c) Planta de Composta con venta comp.		d) Planta de Composta sin venta comp.	
	Inv.	Op.	Inv.	Op.	Inv.	Op.	Inv.	Op.	Inv.	Op.
1974	9'746	10'549	2'085	815	11'000	4'918	10'500	7'646	10'500	7'646
1975	1'694	9'257		815		4'918		7'646		7'646
1976	705	9'879		815		4'918		7'646		7'646
1977	470	10'294		815		4'918		7'646		7'646
1978	705	10'917		815		4'918		7'646		7'646

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las observaciones hechas en la ciudad y la evaluación obtenida en gabinete se concluye lo siguiente:

- 1.- El equipo actual usado en la recolección solo es suficiente para prestar el servicio al 30% de la población y su mal estado ocasiona un excesivo gasto en mantenimiento;-- por lo tanto, la adquisición del equipo nuevo en la cantidad y tipo propuesto reduce considerablemente el costo -- por tonelada de basura colectada aún en el inicio de las operaciones del nuevo sistema y posibilita la recolección al total de la población.
- 2.- Para el almacenamiento por contenedores en las zonas de difícil acceso, al ser este un sistema relativamente nuevo en la ciudad, se recomienda que el Departamento de Limpia Municipal elabore un adecuado programa de trabajo y se informe a los vecinos de estas zonas la forma como se llevará a cabo el servicio con objeto de obtener una máxima eficiencia en la operación.
- 3.- De los métodos de disposición final propuestos, el relleno sanitario soluciona de manera efectiva la situación de emergencia que actualmente existe. Sin embargo si el el Municipio logra obtener un adecuado financiamiento para las dos últimas propuestas donde la inversión es mayor, la fabricación de composta o la planta de reciclaje lograrían proporcionar un ingreso constante a las autoridades que podría reinvertirse en el mejoramiento de todo el sistema. Ya que las dos propuestas últimas requieren mano de obra barata se recomienda que sean los pepenadores del tipo

radero los que se integren al personal directo de producción ya que al conocer bastante bien el material son los indicados para este tipo de trabajo. Además se lograría evitar el peligro a que constantemente están expuestos - y el marginamiento social a que son sometidos.

4.- El reciclaje de subproductos disminuiría la necesidad que tiene el país de materias primas y ya que en esta ciudad el contenido de subproductos en la basura redundaría en un buen ingreso, se propone encontrar mejores mercados para estos.

5.- Ya que en estos sistemas juega un papel importante la buena participación de los vecinos es de vital importancia que se les exorte a una concientización del problema con objeto de obtener de ellos mejor cooperación.

A N E X O S

ANEXO I

COMPOSTA

Definición

El composteo es un proceso biológico para convertir desechos sólidos en un producto estable parecido al humus cuyo principal uso es como acondicionador del suelo. Se ha establecido al composteo (1) como una descomposición biológica de los constituyentes orgánicos de los desechos bajo condiciones controladas.

Clasificación

Los sistemas de composteo se pueden clasificar en tres bases generales que son por el uso del oxígeno, la temperatura o la tecnología empleada.

Si el oxígeno se toma como base, la clasificación se hace en anaeróbica o aeróbica. Si se hace en base de la temperatura, el composteo puede ser termofílico o mesofílico. Finalmente usando la tecnología como clave, la clasificación se hace en composteo en pilas o abierto y en composteo mecánico o cerrado.

El composteo aeróbico comprende la actividad de bacterias aeróbicas, es decir, bacterias que se desarrollan en la existencia de oxígeno y por consiguiente la provisión de este elemento durante el proceso. Lo opuesto prevalece en el composteo anaeróbico donde las bacterias anaeróbicas llevan a cabo la descomposición y el oxígeno es excluido del sistema. El composteo aeróbico se caracteriza por altas temperaturas, ausencia de olores fétidos y rapidez mayor que el composteo anaeróbico. La descomposición anaeróbica presenta bajas temperaturas (a menos que se aplique calor desde alguna fuente externa) producción de olores molestos y con menor rapidez que el anterior.

La temperatura del composteo mesofílico, como el término lo indica, se mantiene a temperaturas de 15° y 40° C. la cual, en la mayoría-

de los casos es la temperatura ambiente. El composteo termofílico se lleva acabo a temperaturas de 45° a 65° C. En la práctica, la mayor parte de los procesos incluyen los dos rangos. Los sistemas de composteo abiertos o de camellones son aquellos donde la totalidad del proceso se lleva acabo al aire libre ya que la forma como se acomoda el material para su manejo o procesamiento usualmente es acomodar el material en largos camellones (fig.6.9.b). Por otra parte, en los sistemas mecánicos la mayor parte de la actividad biológica inicial toma lugar en una unidad cerrada o sea el digester.

Proceso

Sin tomar en cuenta el tipo, el composteo incluye ciertos pasos ordenados de la siguiente manera: clasificación del material, trituración, composteo y almacenaje. Algunos sistemas recurren a otra trituración posterior al composteo y otros acuden a un tamizado, así como a una segunda trituración.

Ya que la trituración de la materia prima es uno de los pasos esenciales en el composteo aeróbico, resulta inevitable cierta "pepena" en los desperdicios, ya que existen ciertos materiales que deben ser removidos antes de ser triturados como son envases de lata, ciertos metales, vidrio y artículos de cerámica. El exceso de papel puede ser removido para su reciclaje lo mismo que el trapo mientras que las fibras sintéticas se eliminan al ser de causa adversa al proceso. El material ferroso es removido con separadores magnéticos conforme el desecho se va moviendo a través de los transportadores. Del equipo instalado dependerá si el trapo y los objetos no ferrosos son separados de manera manual o mecánica.

La molienda fina o fragmentación del desperdicio produce un resultado benéfico apresurando la descomposición, ya que el material está -

mejor dispuesto a la invasión microbiana haciéndola más homogénea y proporcionando una aereación benéfica. El material adquiere una estructura que facilita su manejo e incrementa su respuesta al control de humedad y aereación. La acción de la trituración es cortar el desperdicio en pequeñas partes; no hay requerimientos especiales de tamaño pero el material no debe quedar aglutinado para su composteo. Un tamaño de partículas adecuado para desechos urbanos está en un rango de 1 a 2 pulgadas de diámetro.

El composteo propiamente dicho principia con una actividad bacteriológica en el material en forma acelerada la cual está manifiesta al observarse una elevación de la temperatura en el sistema. Experimentos en la Universidad de California en Berkeley (6) sobre basuras y su composteo han demostrado que la temperatura se ve incrementada desde la ambiente hasta cerca de los 50°C . en los primeros dos días en que el material ha sido acomodado en pilas. A los cuatro días la temperatura está entre 60 y 70°C . y se ha observado que el punto más alto alcanzado es de 75°C . La forma de la curva se muestra en la gráfica A.1 y es típica para el composteo al aire libre en camellones para basuras municipales. El aumento de temperatura se presenta aún en el composteo mecánico ya que los digestores están contruidos de tal forma que el calor no escapa y el material se alimenta en volúmenes suficientemente grandes para obtener por sí mismo completa aislación.

El alto grado de actividad bacteriológica está indicado por el hecho de que la caída de temperatura que acompaña a cada operación de volteo de pilas es muy pequeño y es recobrada dentro de un lapso de tiempo muy corto una vez finalizado el volteo. El calor producido se debe al exceso de energía liberada por la bacteria ya que la energía calorífica del material compostado no escapa a velocidad mayor con la

que es generado, aumentándose la temperatura. La alta temperatura se mantiene hasta que el material empieza a degradarse; conforme ese punto se alcanza, la actividad bacteriológica declina y la temperatura baja. Otros cambios característicos que se efectúan son: un incremento en la demanda de oxígeno, un cambio del potencial de óxido-reducción, un aumento del pH, un olor detectable a amoníaco y una caída en la relación carbono/nitrógeno.

El incremento en la demanda de oxígeno se debe a la necesidad de mantener condiciones aeróbicas en el proceso para promover el crecimiento de este tipo de bacterias y micro-organismos. El cambio en el potencial de óxido-reducción se debe al cambio de condiciones anaeróbicas a aeróbicas; la caída del pH, durante los primeros días del composteo, se debe a la síntesis de ácidos orgánicos. Si el material reaccionante tiene zonas anaeróbicas cualquiera de los ácidos acético, propiónico o butírico puede ser formado. Estos ácidos son prontamente utilizados por el sustrato de las bacterias que con la formación de amoníaco el pH sube. La producción de amoníaco tiene un efecto directo en la relación C/N. La caída de esta relación durante el paso de fermentación está ocasionada por la liberación de CO_2 en el aire ambiente. Este CO_2 es el formado por las bacterias cuando oxidan el material carbónico del desecho tomando lugar, aunque en forma muy leve, la fijación de nitrógeno.

La tendencia de la fermentación es obtener un cierto grado de estabilización en el producto que no ocasione molestias cuando sea vendido aún si pudiera estar húmedo ya que una estabilización total sería la formación de CO_2 , agua y cenizas minerales lo cual es indeseable por la inutilidad de los productos obtenidos. Esta estabilidad estará determinada por el color, olor, y temperatura final del producto el

cual puede ser ya preparado para su venta. Este paso consiste generalmente en hacer pasar el material por un tamiz y obtener diferentes calidades en base a su tamaño. El más grueso se destina a aplicaciones en gran escala mientras que los más finos se destinan a plantíos de -- "lujo" como frutales, jardines y sobre todo viñedos. El material propiamente fermentado puede ser vendido sin el peligro de generación -- subsecuente de molestias. Aunque la descomposición ocurriera durante su almacenaje, el contenido de humedad también es pequeño para poder manifestarse alguna actividad bacteriológica.

Usos del producto

El compuesto final obtenido puede ser designado por el término-- general de humus. Cuando es usado en suelos tiene efectos nutrientes y físicos; en mezcla con fertilizantes comerciales presenta características adicionales muy deseables como son: la mayor retención del agua ya que mejora la relación aire-agua y fomenta el desarrollo de -- sistema de raíces de las plantas, un incremento en la disponibilidad del suelo para absorber cambios rápidos en acidez y alcalinidad y una cierta neutralización de sustancias tóxicas. Físicamente, mejora la - estructura de los suelos duros incrementando el volumen de los poros del suelo y evitando la asfixia de raíces jóvenes así como facilitando su manejo mecánico.

Aunque tiene un contenido apreciable de nitrógeno-potasio-fosfo-- ro (NPK), este no es lo suficientemente alto como para que el producto pueda ser considerado un fertilizante, por lo tanto, a menos que - sea reforzado con alguno de los tres elementos inorgánicos anteriores no puede ser legalmente vendido como tal sino como un mejorador de -- suelos que es como actualmente se le conoce.

Factores a controlar en el proceso de composteo de la basura.

1) Aereación

Este factor determina básicamente el tipo de composteo que se ha de llevar a cabo. La operación consiste en suministrar el oxígeno necesario a los micro-organismos aeróbicos y hacer posible la disipación del bióxido de carbono al exterior. Varias pruebas de laboratorio (6) lograron demostrar que se requieren 20,000 ft³ de aire para proporcionar condiciones aeróbicas a una tonelada de basura al día, esto equivale a suministrar 120 m³ de oxígeno a una ton./día. Se estima que la basura presenta un consumo de oxígeno aproximadamente igual a la producción de bióxido de carbono. Como este es más pesado que el aire dificulta el intercambio gaseoso y se crean condiciones anaeróbicas.

De lo anterior se concluye que se debe proporcionar una amplia ventilación al sistema y que el CO₂ producido deberá ser desalojado más rápidamente. Esto se logra por medio de una ventilación forzada o por medio de volteos del sistema. Dichas técnicas se llevan a cabo, principalmente al inicio de la fermentación ya que en etapas posteriores, la operación queda adiviada por la elevación de la temperatura que alcanza el material que calienta los gases en su interior y permite su salida a la atmósfera así como la penetración de aire fresco.

2) Humedad

Teóricamente, el contenido de humedad deseado es del 100%. El contenido práctico está en función de la capacidad de aereación del equipo de proceso así como la naturaleza estructural del material que será tratado. Como la basura se maneja en forma de sólido, un exceso de humedad causa la formación de masas aglutinadas que obstruyen los pa-

sajes naturales e imposibilitan la aereación propiciando condiciones anaeróbicas no deseadas. Cuando el contenido de humedad es bajo, la fermentación no se produce o se efectúa muy lentamente.

Durante el periodo termofílico de fermentación se pierde humedad por evaporación por lo que este factor debe controlarse a lo largo de todo el proceso. Ya que la estructura del material afecta la capacidad de retención del agua, el contenido permisible máximo de humedad resulta específico para cada tipo de material. La tabla A.1 resume este factor. De lo observado se establece que el valor ideal para mantener una buena fermentación aeróbica de desechos urbanos es con un contenido de humedad del 55%.

Tabla A.1 Contenido máximo permisible de humedad

Tipo de desecho(')	Contenido de Humedad %
Teórico	100
Paja	75-85
Madera (aserrín, pequeñas astillas)	75-90
Papel	55-65
Desperdicios "húmedos" (desechos de cocina, lodos, etc.)	50-55
Basuras Urbanas	55-65
Estiercol	55-65

(') El mayor contenido del desecho.

3) Relación Carbono/Nitrógeno.

Como anteriormente se ha indicado, el curso de la descomposición de la materia orgánica se ve afectado por la presencia de carbono y nitrógeno. Los micro-organismos que llevan a cabo esta descomposición utilizan al carbono como fuente de energía y al nitrógeno como parte estructural de su célula. Utilizan más carbono que nitrógeno en esta operación; pero, si el primero está presente en exceso, la descomposi

ción decrete cuando el nitrógeno es agotado y algunos micro-organismos mueren. El nitrógeno almacenado es entonces usado por otros microorganismos para formar un nuevo material celular quemándose más carbono en el proceso. Debido a esto, la cantidad de carbono se reduce a un nivel más adecuado mientras que el nitrógeno es reciclado por lo que según experimentos, se requiere más tiempo en el proceso cuando la relación es mayor que 30. Si el contenido de carbono es menor que el que se requiere para convertir el nitrógeno disponible a proteínas, los micro-organismos hacen uso total del carbono existente y se deshacen del exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Esta liberación de amoníaco puede producir una pérdida de nitrógeno en el estrato de composteo redundando en el agotamiento de este elemento y ocasionando la muerte de los micro-organismos que llevan a cabo dicho composteo.

Ya que el material por degradar varía constantemente en sus características no puede establecerse una relación general de C/N que sea óptima; sin embargo, algunos trabajos realizados llegaron a establecer que un humus de buena calidad fué producido con un C/N igual a 30. Aunque para otros experimentos el contenido óptimo fué distinto, la variación no fue significativa y se puede afirmar que para desechos urbanos la relación C/N deseable está en un rango de 30 a 35.

4) Temperatura

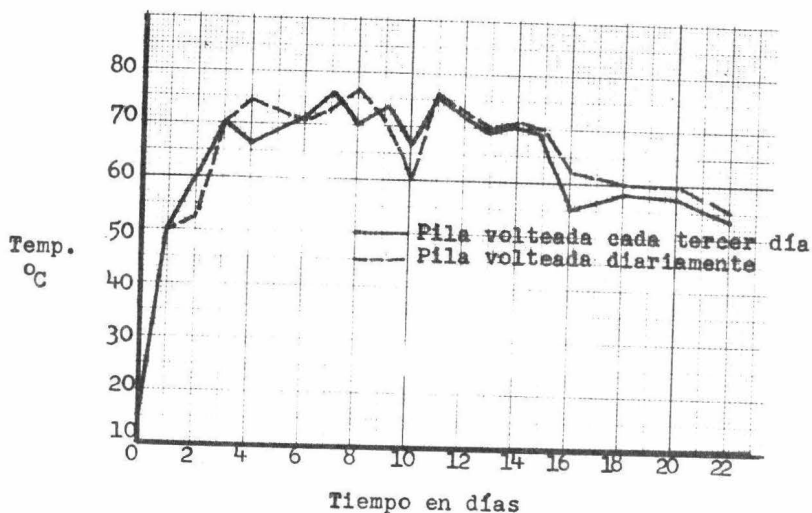
Este factor es muy importante, particularmente en los procesos de composteo aeróbico ya que como se ha visto, cantidades considerables de calor son liberadas por este tipo de descomposición. Como el material reaccionante adquiere buenas propiedades de aislación, una cantidad suficientemente grande retendrá el calor de la acción biológica

gica exotérmica del estrato y se desarrollarán altas temperaturas. Una elevación de temperatura es esencial para la destrucción de organismos patógenos y malas semillas (anexo II). La descomposición también se lleva a cabo más rápidamente en condiciones termofílicas.

Las temperaturas óptimas deseables para alcanzar dichas condiciones varían en un rango de 50 a 70°C. Normalmente 60°C. es la temperatura requerida. Ya que solo algunos organismos termofílicos llevan a cabo la descomposición a valores arriba de los 70°C. no es deseable tener temperaturas mayores por tiempos prolongados. La fig. A.1 muestra las temperaturas alcanzadas en el composteo de desechos urbanos acomodados en pilas que fueron experimentadas en la Universidad de California en Berkeley.

Fig. A.1 Comportamiento Térmico del Composteo en Pilas.

Fuente: C.G. Golueke, Univ. de California



ANEXO II

TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE EXPOSICION PARA LA DESTRUCCION
DE PARASITOS Y AGENTES PATOGENOS COMUNES.

Fuente: C.G. Golueke, PhD, Univ. de California.

ORGANISMO	OBSERVACION
<i>Salmonella typhosa</i> :	No se desarrolla sobre los 46°C; muere en 30 min. entre 55° y 60°C.
<i>Salmonella</i> spp.:	Muere en un lapso de 1 hora a 56°C. y en un lapso de 15 a 20 min. a 60°C.
<i>Shigella</i> spp.:	Muere en una hora a 55°C.
<i>Escherichia coli</i> :	Generalmente muere en una hora a 55°C., y de 15 a 20 min. a 60°C.
<i>Ascaris lumbricoides</i> (huevos):	Muere en menos de 1 hora a 50°C.
<i>Endamoeba histolytica</i> :	Muere a los 68°C. en breves segundos
<i>Taenia saginata</i> :	Muere en 5 min. a 71°C.
<i>Trichinella spiralis</i> larvae:	Muere rápidamente a 55°C., instantáneamente a 60°C.
<i>Necator americanus</i> :	Muere en 50 min. a 45°C.
<i>Brusella abortus</i> ó <i>suis</i> :	Muere en 3 min. a 61°C.
<i>Micrococcus pyogenes</i> var. <i>aureus</i> :	Muere en 10 min. a 50°C.
<i>Strptococcus pyogenes</i> :	Muere en 10 min. a 54°C.
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> :	Muere en un tiempo de 15 a 20 min. a 66°C. o en unos momentos a 67°C.
<i>Mycobacterium diptheriae</i> :	Muere en 45 min. a 55°C.

Tijuana B. C., Octubre 7 de 1974.

C. Ing. Francisco Zepeda
Sub-secretaría del Mejoramiento del Ambiente
Depto. del Consejo Técnico
C i u d a d .

Estudio Geo-técnico en el sitio dónde se encuentra el
basurero Municipal en la ciudad de Tijuana B. C.

ESTUDIO DE CAMPO:

De acuerdo con personal de la sub-secretaría del ambiente se procedió a la ejecución de 4 pozos a cielo abierto, cuya ubicación se fijó, tratando de cubrir el área del basurero.

La excarvación de los sondeos se efectuó a 2.00 metros- las muestras obtenidas de los sondeos, fueron sometidos a los ensayos de laboratorio para su clasificación, el material existente en la zona, puede clasificarse como boleco - empecado en material arcillo-arenoso de color café claro - (conglomerado de consistencia firme).

El nivel freático se encuentra inferior a los 2.00 mts.

SONDEO 2

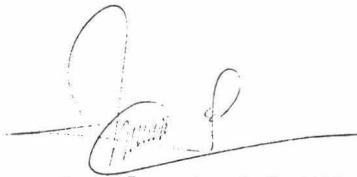
De 0.0 a 0.10 m	tierra vegetal
" 0.10 a 1.40 m	gravas arcillosas, conteniendo el 25% de finos compacta (G C)
" 1.40 a 2.00 m	gravas bien graduadas, con pocos finos, compacta (G W)

na car na

	Estrato I	Estrato 2
Tamaño máximo	1 ½	2 "
% que pasa malla 4	71	49 "
% que pasa malla 200	24	2
Límite líquido	32	20
Índice plástico	15	inap.
Contracción lineal	7.2	1.0
Humedad óptima	13.5	10.5
% expansión	1.46	0.4
Clasificación		
s.u.c.s.	G C	G "

El estudio del sondeo 2, se puede considerar como representativo del terreno indicado.

A T E N T A M E N T E
El jefe del Laboratorio.

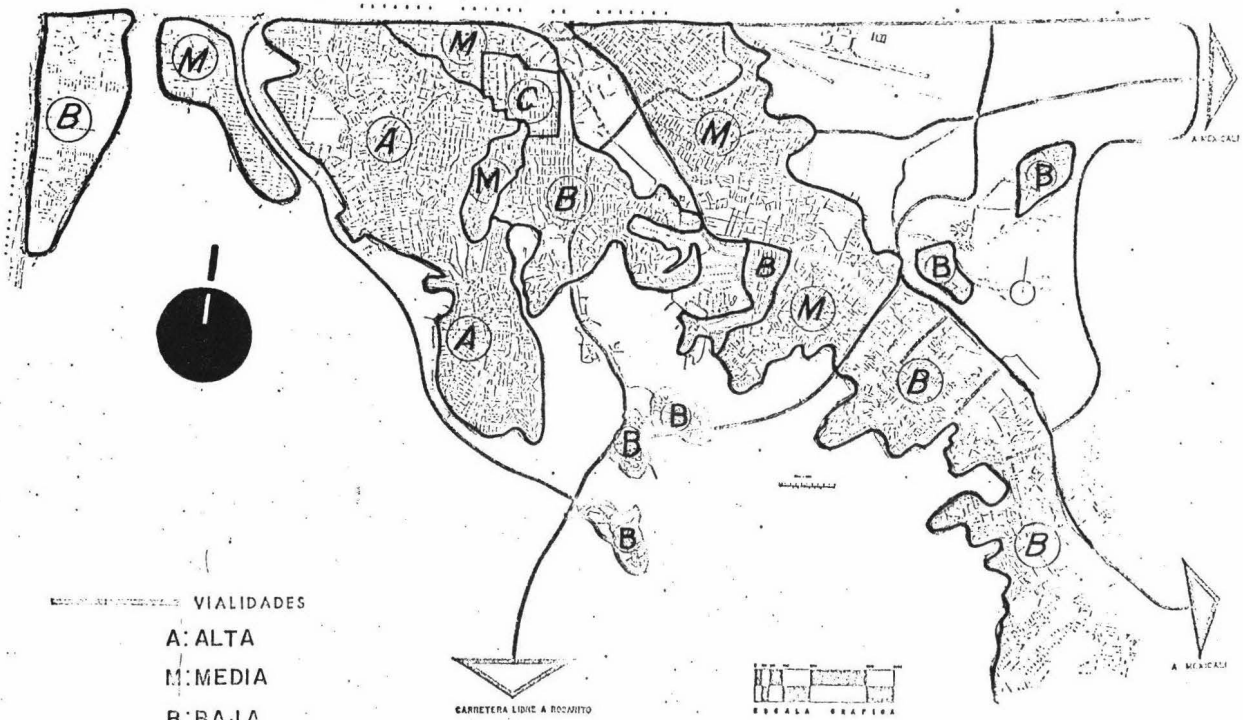


Ing. José Ángel Padilla.

ANEXO IV

ANALISIS DE LA BASURA PARA LA CIUDAD DE TIJUANA B.C.

MATERIAL	TIPO DE CLASES (% EN PESO)			
	BAJA	MEDIA	ALTA	PROMEDIO
PAPEL	35.71	33.12	33.79	34.20
CARTON	2.40	3.14	3.15	2.89
LATA	7.78	4.63	5.22	5.87
VIDRIO	3.31	4.37	3.67	3.78
TRAPO	7.69	7.10	14.14	9.64
PLASTICO	7.71	4.15	5.42	5.76
MADERA	0.00	0.42	0.71	0.37
CUERO	0.00	0.93	0.00	0.31
ALUMINIO	0.07	0.24	0.55	0.28
ENVASES TETRAPAX	0.92	0.98	0.57	0.82
MATERIA ORGANICA	31.05	40.21	32.16	34.47
HUESO	1.78	0.13	0.25	0.72
HULE	0.00	0.14	0.00	0.04
MATERIAL CONSTRUCCION	0.59	0.11	0.00	0.23
OTROS	0.09	1.17	0.37	0.62
DENSIDAD (Kg/m ³)	136	149	125	130
HUMEDAD %	42.3	50.2	56.1	44.6



VIALIDADES
 A: ALTA
 M: MEDIA
 B: BAJA
 C: CENTRO

ANEXO V Densidades de Población.

Fuente: Secretaría de Salubridad y Asistencia;
 Tijuana B.C.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- GOLUEKE, C.G. "Composting: A study of the process and its principles", Rodale Press. (1972).
- 2.- GOTTAS, H.B. "Sanitary Disposal and Reclamation of organic wastes", World Health Organization (1956).
- 3.- UNDA, O.F. "Ingeniería Sanitaria (aplicada a Saneamiento y Salud Pública)", U.T.E.H.A. (1969).
- 4.- U.S. Environmental Protection Agency Solid Waste Management Office: "Elements of Solid Waste Management" --- (1973).
- 5.- U.S. Department of Health, Education and Welfare: "Municipal-Scale incinerator design and Operation" (1972).
- 6.- University of California, Sanitary Engineering Laboratory: "Reclamation of municipal refuse by Composting" - Berkeley, Ca. (Technical Bulletin No. 9) (1952).
- 7.- I Reunión Nacional sobre Problemas de Contaminación Ambiental., (Memorias); S.S.A. México (1973)
- 8.- WITT., P.A. "Disposal of Solid Wastes", Chemical Engineering, Vol. 78, No.22 (1971).
- 9.- ELDREDGE, R.W. "Solid Waste Management". Chemical Engineering, Vol. 77, No.9 (1970).
- 10.- BOWERMAN, F.R. "Solid Waste Disposal". Chemical Engineering, Vol 78, No.14 (1971).
- 11.- 5to. SEMINARIO DE INGENIERIA DE TRANSITO; Gobierno del Estado de Baja California, Tijuana B.C. (1973).
- 12.- TECNICAS DE EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS., (Memorias); S.M.A. México (1974)