

37.
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMEN ESPECIAL
FAC. DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO PARA LA DISPOSICION
FINAL DE LA BASURA EN EL D. F.

TESIS MANCOMUNADA

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

BERTOLDO GRANADOS ROMERO
PEDRO JUAREZ SICARDO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Cap.	Pág.
I. INTRODUCCION Y GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Generalidades.....	6
II. ORIGENES Y CLASIFICACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.....	10
2.1. Definiciones.....	10
2.2. Origen y Clasificación.....	10
2.3. Generación.....	15
2.4. Caracterización.....	19
III. EFECTOS EN LA SOCIEDAD.....	21
3.1. Contaminación Ambiental.....	21
3.2. Salud Pública.....	23
3.3. Forma de Vida de los Popenadores.....	24
3.4. Inadecuada Disposición de la Basura en el D.F.....	27
IV. ALMACENAMIENTO Y RECOLECCION DE DESECHOS SOLIDOS.....	33
4.1. Almacenamiento.....	33
4.2. Almacenamiento Domiciliario.....	36
4.3. Almacenamiento en Hoteles, Mercados y Centros- Comerciales.....	40

Cap.	Fág.
4.4. Almacenamiento en Centros Educativos.....	41
4.5. Almacenamiento en Clínicas y Hospitales.....	41
4.6. Almacenamiento en Zonas de Difícil Acceso.....	42
4.7. Almacenamiento en las Calles de las Zonas Co-- merciales.....	43
4.8. Recolección.....	47
4.9. Sistemas de Recolección.....	49
4.10. Métodos de Recolección.....	51
4.11. Vehículos Recolectores.....	54
4.12. Recolección de la Basura en el D.F.....	55
 V. DESCOMPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS.....	 69
5.1. Aspectos Generales.....	69
5.2. Descomposición Aerobia.....	70
5.3. Descomposición Anaeróbica.....	70
5.4. Descomposición Termófila.....	71
5.5. Descomposición Mesófila.....	71
5.6. Aspectos Microbiológicos de la Descomposición - de la Basura.....	71
 VI. METODOS DE DISPOSICION FINAL.....	 76
6.1. Introducción.....	76
6.2. Fabricación de "Compost".....	76
6.3. Incineración.....	119
6.4. Relleno Sanitario.....	160
6.5. Pirólisis.....	177

Cap.	Pág.
6.6. Reducción.....	185
6.7. Hidrólisis.....	186
6.8. Disposición Final en Otros Países.....	186
6.9. Disposición Final de los Desechos Sólidos en - el D.F.....	190
VII. SELECCION DE ALTERNATIVAS.....	205
7.1. Análisis de Alternativas.....	205
7.2. Fabricación de "Compost" con Separación de -- Subproductos.....	207
7.3. Incineración.....	209
7.4. Relleno Sanitario.....	210
7.5. Otras Posibles Alternativas.....	213
VIII. CONCLUSIONES.....	215
APENDICE.....	221
BIBLIOGRAFIA.....	232

CAPITULO I

I. INTRODUCCION Y GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

El hombre realiza un sin número de actividades para subsistir y en las cuales genera desechos sólidos, líquidos y gaseosos. En épocas pasadas el hombre tiraba su basura (desechos sólidos) en tierras sin cultivar fuera del alcance de su vista y donde los olores que producían no les fueran desagradables, bastaba sólo con dejar los desechos en un sitio acomodándolos o sólo depositándolos en diferente lugar; esto vendría a ocasionar problemas de salubridad, pero como los desechos sólo eran materia orgánica y en pocas cantidades no tenían mayor consecuencia, ya que la propia naturaleza se encargaba de transformar esos desechos, conservando el equilibrio ecológico y evitando la contaminación del medio ambiente.

La creación de nuevos productos ha ocasionado que nosotros los consumidores día con día tiremos más y más basura. Alejar la basura de la presencia del hombre no funciona puesto que ya no es posible que la naturaleza se haga cargo de todo, es ahí donde el hombre tiene que planificar el manejo y la disposición de sus desechos sólidos para evitar la contaminación del medio ambiente; si a esto no se le da una solución adecuada y si no se da importancia a la situación, terminaremos con nuestro medio ambiente.

Parte de la solución puede ser instalar varias ---

plantas de tratamiento de desechos sólidos, con lo cual parte de los focos de infección que pudieran existir, se eliminarían por la separación de cada uno de los desechos.

En México no se ha dado suficiente importancia al problema que causa la generación de desechos sólidos, el --- cual se agranda cada vez más particularmente en el D.F., dentro del cual crece el número de productos sintéticos y empaques plásticos, que vienen a formar parte de los desechos sólidos no biodegradables.

Por lo anterior se debe contar con un adecuado sistema de recolección, disposición y tratamiento de sus desechos generados y con la cooperación de sus habitantes para cumplir con las indicaciones dadas por las autoridades encargadas, de eso dependerá la limpieza, belleza y sanidad del D.F.

Deben entonces determinarse uno o varios sistemas idóneos, para disponer de los desechos generados en el D.F., en función de sus características, con el fin de lograr mediante una buena planeación y organización del sistema, mantenerlo limpio y en condiciones saludables, eliminando de la forma más conveniente la basura, evitando de esta manera el surgimiento de fuentes de infección, así como la proliferación de roedores y otros animales que son nocivos para el hombre, siendo éstos los principales transmisores de muy diversas y peligrosas enfermedades.

Las basuras son conjuntos cambiantes en su composición química y características físicas; en su recolección se incluyen problemas relativos a las costumbres de los usuarios, a las condiciones y características de las vías de comuni-

cación y de manera especial a los problemas técnicos y económicos para resolver su tratamiento y disposición final.

Por otro lado la generación de basura o desechos sólidos en cualquier lugar está relacionada con el consumo de -- sus habitantes. El consumo es sumamente variable por lo que la composición de los desechos sólidos generados difiere de un lugar a otro.

Pensando que México no es un país pionero en el desarrollo de las técnicas descritas en los capítulos IV y VI es -- evidente que tendrá que acudir a la experiencia de otros países para que mediante un estudio de todas y cada una de las -- técnicas probadas, elija la o las que se adapten a sus condiciones económicas, políticas y sociales.

En los E.U. y otros países el gobierno vende permisos para su explotación, esto se debe principalmente a que los envases de un gran porcentaje de los artículos de primera necesidad son de papel, cartón, vidrio o plástico, dando por consiguiente una basura de primera calidad para fines explotables.

Los desechos tienen importancia para la salud pública porque pueden originar enfermedades y padecimientos o constituir un medio apropiado para el desarrollo de elementos nocivos a la salud.

1.2. OBJETIVOS

Son varios los propósitos que nos guiaron a elaborar este estudio, uno de los cuales, es tratar de resolver el problema de la basura en nuestra gran ciudad de México, por medio de su industrialización en el D.F., basándose ya sea en el ---

aprovechamiento de los desperdicios utilizables económicamente tal es el caso de metales, papel, cartón, vidrio, etc., en el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos para producir -- "compost" (abono), o en el aprovechamiento de los desperdicios para producir energía mediante incineración directa.

Otro de los propósitos de este trabajo, es el de reunir los datos obtenidos de los estudios realizados, tanto en otros países como en México de los distintos sistemas de disposición e industrialización de basuras, a fin de que sirva esta tesis como obra de consulta.

Otro de los propósitos a lograr con un estudio de esta naturaleza es el 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 del D.F. a sus habitantes.

El manejo inadecuado de los desechos sólidos provoca condiciones insalubres, creadas por la basura, constituyendo - un serio peligro para la salud, por ello es importante conocer la manera de tener un buen manejo de estos desechos la cual se puede considerar en tres fases:

- Almacenamiento
- Recolección
- Disposición Final

Para lograr estos objetivos, el estudio incluye:

- a) Métodos Adecuados de Almacenamiento de Basuras.
- b) Métodos de Recolección Eficientes que sean Económicos.
- c) Métodos de Disposición Final Adecuados al Volumen Creciente de desechos sólidos.

Que cumplan con las normas técnicas y sanitarias deseables a satisfacer en este tipo de sistemas.

Las 3 fases tienen importancia y entramos en detalle en los capítulos subsecuentes a éste; es importante considerar que si una de ellas se descuida, la efectividad total del manejo de los desechos disminuye.

No se debe relacionar a la basura como algo sin valor que solamente será recolectada y dispuesta en forma más -- económica. En vez de eso la basura debe considerarse como un -- recurso fuera de lugar que está mal colocado y que debe ser recuperado y reutilizado cuantas veces sea posible.

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 limpia pública que cumpla con 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 (abono) a la naturaleza.

1.3. GENERALIDADES

En los últimos años, el creciente desarrollo urbano de la ciudad de México caracterizado por una actividad económica concentrada en los servicios y en la industria y por un alto crecimiento demográfico, ha generado una serie de problemas ambientales, cuya incidencia se refleja en el agotamiento irreversible de los recursos naturales y en un creciente deterioro ambiental.

En este proceso, los desechos sólidos, líquidos y gaseosos generados por la natural dinámica de la ciudad, han contribuido considerablemente al deterioro de la calidad de vida de la población, al alterar en forma directa las condiciones sanitarias, a través de la contaminación del aire, suelo y agua.

Vista así, la situación se agrava ante las limitaciones de un sistema de manejo que contemple el volumen y características de los desechos sólidos domiciliarios, industriales, comerciales, hospitalarios, así como los acumulados en la vía pública.

Actualmente, se calcula que la generación de desechos sólidos en el D.F. alcanza casi un Kg diario por habitante, en cuya composición prevalecen fundamentalmente los domiciliarios, con una participación del 67.2 %, 8.9 % recolectados en la vía pública y 23.9 % por desechos industriales y comerciales.

Estimándose un crecimiento anual en la generación, del 3 % por habitante.

De una generación de casi 12,000 toneladas diarias

de desechos sólidos, las delegaciones recolectan el 80 % ; - del 20 % restante, una parte es tratada por los propios habitantes a través de sistemas domésticos de entierro e incineración y otra permanece en la vía pública o tiraderos clandestinos, provocando con ello la proliferación de fauna nociva, medio ambiente fétido y germen patógenos, que además - de causar efectos negativos en la salud pública, acarrear -- consecuencias negativas sobre la imagen urbana de la metrópoli.

Ante esta situación el gobierno de la ciudad de México ha determinado dar una solución integral al manejo de - los desechos sólidos, mediante la superación de las deficiencias que se presentan en cada una de las etapas de su proceso cuyas etapas son las siguientes: generación, almacenamiento, barrido, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

a) La generación consiste en la producción de materiales sólidos, orgánicos e inorgánicos descartados por el - hombre durante la realización de sus actividades.

b) El almacenamiento se refiere a la acción de retener los desechos sólidos en un recipiente seguro y adecuado en espera de ser recolectado por el servicio de limpieza.

c) El barrido consiste en recoger los desechos sólidos de las vías públicas, el barrido puede ser manual o mecánico, cuando es manual lo realiza una persona mediante una escoba especial, cuando es mecánico, este se realiza mediante un vehículo especial (barredora).

d) La recolección es la concentración de los desechos en vehículos destinados para tal propósito.

e) El transporte consiste en transportar los desechos sólidos a estaciones de transferencia, plantas de tratamiento o sitios de disposición final.

f) La transferencia tiene como propósito reducir - los grandes recorridos de los vehículos recolectores y con - ello los tiempos no productivos. De esta forma, los residuos son transferidos a vehículos de mayor capacidad, que los -- transportan a las plantas de tratamiento o a los sitios de - disposición final.

g) El tratamiento consiste e la transformación o - preparación de los desechos sólidos, para incorporarse a la actividad productiva o para reducir su volumen.

h) La disposición final se considera como el momento en que los desechos sólidos son depositados en un lugar - específico y seguro a efecto de concentrarlos y aislarlos para su posterior degradación.

En la página siguiente, en la figura No. 1, se --- muestra el diagrama de flujo del manejo que siguen los desechos sólidos.

CICLO DEL MANEJO DE LOS
DESECHOS SOLIDOS

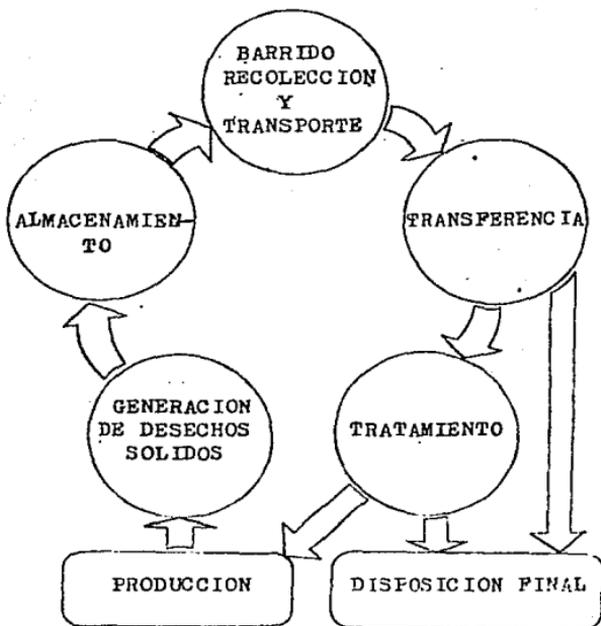


fig. No. 1

CAPITULO II

II. ORIGENES Y CLASIFICACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS

2.1. DEFINICIONES

El concepto de desechos sólidos conlleva tres características principales:

- a) Es aquello que no tiene valor de recuperación.
- b) Son materiales que a criterio de sus propietarios no tiene valor de recuperación aún cuando sí poseen un valor intrínseco.
- c) Son elementos que representan un riesgo.

Para fines prácticos los desechos por su origen se pueden clasificar como aquellos derivados de las actividades urbanas, entre los cuales se encuentran los residuos domiciliarios, comerciales, industriales y de servicios, y aquellos generados por la infraestructura urbana como la red vial y transporte, las redes hidráulicas y el tratamiento.

Por su tipo, los desechos sólidos pueden ser:

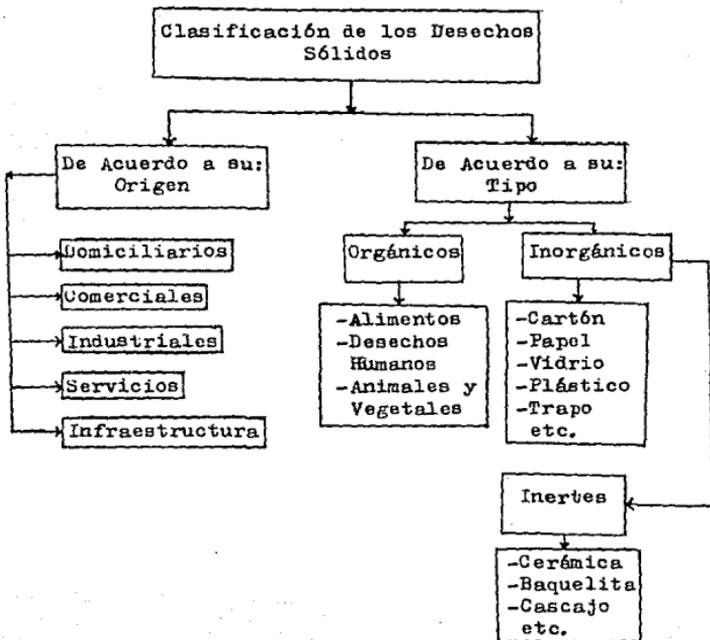
- a) Orgánicos: alimentos, desechos humanos, animales y vegetales.
- b) Inorgánicos: recuperables (cartón, papel, vidrio, etc.). Inertes (cerámica, baquelita, etc.).

2.2. CRIGEN Y CLASIFICACION

Podemos especificar que de acuerdo a la siguiente clasificación tendremos una idea de donde provienen (origen)

A continuación, se presenta un cuadro sinóptico (cuadro No. 1), de la clasificación de los desechos sólidos, de acuerdo a su origen y a su tipo.

CUADRO No. 1



Las basuras:

a) Basura Orgánica.-- Es la de cualquier naturaleza, que se puede descomponer por procesos naturales dentro de un período razonable, son los derivados de la preparación de -- los alimentos, restos de comida, desechos de mercado, desperdicios de fábricas de productos agropecuarios, animales muertos, etc.

b) Desperdicios Comerciales de Comida.-- Incluye -- los restos de comida que se originan en los restaurantes, hoteles, hospitales, etc., a menudo se recolectan separadamente y son vendidos como alimentos de animales.

c) Basura Doméstica.-- Se originan en los hogares y está formada por residuos de alimentos, cenizas, polvo, papeles, cartones, maderas, huesos, vidrios, plásticos, trapos restos de verdura y frutas, flores y algunas veces excremento humano y de animales domésticos, etc.

d) Basura Tropical.-- En algunos países se tienen -- desechos de plantas tropicales como el mango, coco, melón, sandía y restos similares.

e) Desperdicios Comerciales.-- Incluye los desechos comerciales no incluidos en desperdicios comerciales de comida y provenientes de la operación y mantenimiento de los establecimientos comerciales, fábricas, tiendas, almacenes, talleres, etc. comprende principalmente papel, cartón, madera, botes, etc.

f) Basura de Establo y Caballerizas.-- Está constituida por estiércol, paja, pasto, resto de forrajes, alimentos concentrados, etc.

g) Basura de la Calle.-- Está constituida por polvo

hojas, ramas, papeles, colillas de cigarro, tierra, arena, - piedrecillas, animales muertos, etc.

h) Desperdicios Provenientes de Mercados. - Ferias, kioscos, vendedores ambulantes, etc. Los que producen restos de frutas, verduras, envases, papeles, etc.

i) Escombros. - Se originan de los restos fraccionados de material de demolición (cascajo), tales como adobes, - tierra de revoques y enlucido, papeles, palos, trazos de concreto, acero y hierro, etc.

j) Cenizas. - El término se refiere a los residuos-provenientes de la combustión de carbón, madera y otros materiales utilizados en el hogar, industria o establecimiento - comercial con propósito de calefacción.

k) Desechos Industriales Líquidos. - La mayoría de éstos provienen de las industrias de las unidades de enfriamiento, lavado, extracción, impregnación, tratamiento químico y operaciones de limpieza, son tan variados en cantidad y naturaleza, como los productos y procesos de donde provienen

l) Residuos Institucionales. - Mención especial merecen los desechos de hospitales, clínicas, laboratorios y - centros de investigación médica; están compuestos por diferentes tipos de residuos como material sintético y residuos que pueden ser peligrosos, potencialmente peligrosos o incompatibles, por lo cual requieren un tratamiento adecuado (incinerados) en el lugar de origen sin embargo la mayoría de - las instituciones no lo hacen.

m) Residuos Peligrosos. - Son aquellos que por sus características físicas, químicas y biológicas representan,-

desde su generación, daños al medio ambiente, como son detergentes y material radiactivo, otros potencialmente peligrosos son todos aquellos que por sus características físicas, químicas y biológicas pueden representar un daño para el ambiente, por ejemplo: el material farmacéutico. También los residuos incompatibles son aquellos que al combinarse o mezclarse producen reacciones violentas o liberan sustancias peligrosas, como gases y además productos inflamables.

n) Residuos Industriales.- Son aquellos que son generados en cualquier proceso de extracción, beneficio, transformación o producción. Estos residuos, al igual que los anteriores, se pueden clasificar en peligrosos, potencialmente peligrosos y no peligrosos, dependiendo de sus características físicas, químicas y biológicas, así como del tipo de industria que los generó y también requieren de un tratamiento especial.

ñ) Desperdicios Municipales Misceláneos.- Proviene principalmente del barrido de calles, parques y jardines y plantas de tratamiento de aguas negras.

o) Basura Combustible.- Esta constituida por gran variedad de materiales, generalmente de origen orgánico, que cuando secos, arden con facilidad. Los materiales que constituyen este tipo de basura son principalmente: papel, trapo, cartón, cajas, madera, hules, piel, pasto, ramas y plásticos

p) Basura no Combustible.- Consiste de materiales que no arden fácilmente. Son básicamente de origen inorgánico y está constituida principalmente por latas, metales, cerámica y botellas de vidrio.

2.3. GENERACION

El acelerado crecimiento demográfico que ha sufrido la ciudad de México, la adopción de nuevos patrones de consumo y la creciente diversificación de las actividades tecnológicas del hombre, han elevado considerablemente la generación de residuos y por consiguiente su grado de peligrosidad. En este sentido, se estima que tan solo en los últimos 10 años se ha duplicado la generación de basura.

Cabe señalar, que el aumento de desechos en el D.F. se da en forma desigual, por lo que existen zonas consideradas como de alta generación, la cual esta directamente relacionada con factores tales como:

- a) La concentración poblacional.
- b) De industria y comercio.
- c) El tipo de infraestructura.
- d) Las condiciones socioeconómicas de sus habitantes

De esta forma, se puede observar que actualmente 5 delegaciones generan más del 50 % de los desechos sólidos, reunen un porcentaje similar de población, y además concentran gran parte de las actividades industriales, de abasto y servicios.

Así, dadas las características de la generación actual, se preve que en los proximos años, debido al incremento de la población y de sus actividades productivas; el manejo de los desechos sólidos requerirá de acciones cuantitativas y culitativas importantes ya que son notorias las graves consecuencias que provoca la indiscriminada generación de residuos.

La Generación de Residuos Depende Principalmente:

a) Del nivel de vida de la población, siendo mayor - el volumen de residuos en donde aquél es más alto.

b) De la forma de vida de los habitantes y sus costumbres.

c) De la estación del año de que se trate, ya que, - por ejemplo, en otoño se produce más basura por la caída de -- las hojas de los árboles.

d) Del número de habitantes del municipio, que determina obviamente que los centros de población más grandes generen más cantidad de basura que los pequeños.

Por lo tanto, la generación de los residuos está íntimamente relacionada con el grado de desarrollo de la localidad, la concentración de la población y su ingreso, así como - de la facilidad para consumir más productos.

Cabe mencionar que la generación de basura por habitante ha ido variando tanto en cantidad como en composición física, a medida que nuestra economía ha pasado de agropecuaria-ha industrializada, provocando que el control de los residuos-no sea del todo eficaz.

En 1988 se estaban generando 10,650 ton/día, estimándose un crecimiento anual del 3 % por habitante, lo que significa que para el año 2000 se habrán de manejar más de 20,000 - ton/día. En la actualidad (1989) se están generando más de --- 11,000 ton/día, volumen con el cual en un mes se llenaría el - Estadio Azteca.

En la concepción actual de la basura generada, el -- 67 % corresponde a la domiciliaria, el 24 % corresponde a comercios e industrias y el 9 % restante se encuentra en la vía pública.

En estudios realizados se ha determinado que la generación de desechos sólidos está en función del nivel socioeco-nómico al respecto, puede decirse que la generación de dese-chos entre los diferentes estratos socioeconómicos (0.850 --- Kg/hab/día, 0.750 Kg/hab/día y 0.650 Kg/hab/día para los estra-tos alto, medio y bajo respectivamente), si bien a nivel parti-cular se tienen grandes variaciones entre las distintas delega-ciones del D.F.; por ejemplo, el estrato alto de Coyoacán pro-duce 0.988 Kg/hab/día de desechos domiciliarios, en tanto que el estrato bajo de Tláhuac sólo genera 0.456 Kg/hab/día; sin - embargo, si se considera el global de desechos se tiene que en la delegación Cuauhtémoc se generan 1.2 Kg/hab/día.

Se observa, por otra parte, que el mayor componente- de los desechos son los residuos alimenticios, con un 40 % en- peso del total, además que se presentan cantidades importantes de papel, cartón, vidrio y plástico lo cual hace atractiva su- recuperación.

A continuación se muestra en la tabla No. 1 la generación de desechos sólidos por delegación para el año de 1987.

TABLA No. 1
GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS POR DELEGACION 1987

DELEGACION	TOTAL DE DESECHOS SOLIDOS TON/DIA	
	ABS.	%
Alvaro Obregón	725	6.9
Azcapotzalco	798	7.6
Benito Juárez	640	6.1
Coyoacán	675	6.4
Cuajimalpa	105	1.0
Cuauhtémoc	1,053	10.0

Gustavo A. Madero	1,674	15.8
Iztacalco	640	6.1
Iztapalapa	1,400	13.3
Magdalena Contreras	195	1.8
Miguel Hidalgo	757	7.1
Milpa Alta	92	0.8
Tláhuac	219	2.1
Tlalpan	425	4.0
Venustiano Carranza	911	8.6
Xochimilco	249	2.4
TOTAL	10,558	100.0

FUENTE: Dirección General de Estadística, SFP
México D.F., 1986. (3).

A continuación en la tabla No. 2 se da una predicción de la población y producción de basura por año a partir de 1988 hasta el año 2000 para el D.F. (31).

TABLA No. 2
POBLACION Y PRODUCCION DE BASURA

AÑO	POBLACION		PRODUCCION	PRODUCCION
	x10 ⁶	HABITANTES	DE BASURA TON/DIA	DE BASURA Kg/HAB/DIA
1988	12.171		10,650	0.875
1989	12.576		11,371	0.904
1990	12.994		12,139	0.934
1991	13.426		12,960	0.965
1992	13.872		13,835	0.997
1993	14.333		14,770	1.030
1994	14.810		15,779	1.064
1995	15.302		16,834	1.100
1996	15.811		17,973	1.136
1997	16.336		19,186	1.174
1998	16.879		20,482	1.213
1999	17.440		21,867	1.253
2000	18.020		23,346	1.295

FUENTE: Tesis IPN, UFIIGSA, 1983
Contaminación por Desechos Sólidos en el D.F.
Júan Antonio Mendoza G. (31).

2.4. CARACTERIZACION

Con el propósito de realizar una óptima disposición de los residuos sólidos generados en el D.F., resulta importante caracterizar y cuantificar dichos residuos, ya que gran parte de ellos pueden ser reciclados mediante un tratamiento -- apropiado.

Con base en el posible aprovechamiento de estos sub-productos, el cartón, lata, metal ferroso, metal no ferroso, - papel, plástico de película, plástico rígido, vidrio de color y transparente, resultan ser los más importantes.

La caracterización efectuada en este trabajo se refiere a los residuos sólidos domiciliarios generados en el D.F. ver tabla No. 3 (9).

TABLA No. 3
PRINCIPALES SUBPRODUCTOS DE LA BASURA

SUBPRODUCTOS	%
Cartón	3.05
Lata	1.45
Metal ferroso	0.65
Metal no ferroso	0.20
Papel	13.26
Plástico de película	3.50
Plástico rígido	1.95
Vidrio de color	2.40
Vidrio transparente	6.35
Materia orgánica	40.00

FUENTE: Referencia (9).

puede concluirse de la tabla anterior que los residuos orgánicos son los que ocupan el porcentaje más alto, si--

guiendo el papel y el vidrio, el resto queda distribuido entre los subproductos restantes variando de acuerdo a los niveles socioeconómicos de la población del D.F.

Por último en la tabla No. 4 se puede apreciar una comparación internacional de los porcentajes de los principales subproductos de la basura. (3).

TABLA No. 4
COMPARACION INTERNACIONAL

CONCEPTO	E.E.U.U. 1)	EUROPA 1) OCCIDENTAL	AMERICA 1) LATINA	D.F. 2)
SECTOR URBANO Kg/HAB/DIA	1.6-2.2	1.1	0.4-1.0	0.6-0.9
INCREMENTO ANUAL POR PESO	2 %	2 %	2 %	3 %
COMPOSICION				
Plásticos	3 %	2% - 7%	1% - 2%	5 %
Metales	10 %	2% - 10%	1% - 4%	2 %
Vidrio	10 %	2% - 9%	1% - 3%	8 %
Papel	29 %	20% - 55%	5% - 20%	16 %
Orgánicos	18 %	12% - 30%	30% - 60%	40 %
Otros	30 %	10% - 30%	10% - 30%	29 %

FUENTE: Documento Problemas
Comunes en los Ser-
vicios de Aseo.
OPS/EMP/CEPIS, 1982

1) Datos del Periodo
1970 - 1975
2) Datos de 1984

Entre OTROS subproductos que componen la basura se encuentran los siguientes:

- Algodón
- Trapo
- Polvo
- Material de Construcción
- Cuero
- Envases de Cartón Encerado
- Acerrín
- Cigarrillos (colillas)
- Llantas
- Hueso
- Cinta de Maquina de Escribir
- Baquelita
- Loza y Cerámica etc.

CAPITULO III

III. EFECTOS EN LA SOCIEDAD

3.1. CONTAMINACION AMBIENTAL

El aumento de población, junto al desarrollo del proceso de urbanización y la demanda creciente de bienes de consumo han determinado un aumento incesante de la cantidad de desechos sólidos producidos y la acumulación de estos constituye hoy en día un problema agobiante debido a la cercanía de los lugares de disposición a los centros urbanos y a sus características innatas en su acumulación y descomposición que afectan al medio ambiente del hombre, su salud y atraen gente a vivir en su inmundicia para poder sobrevivir.

Contaminación es la adición al medio ambiente de una sustancia o una forma de energía que son potencialmente nocivas para la vida, a una velocidad mayor que la que el medio puede neutralizar.

Contaminante es toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos que al incorporarse al aire, agua o tierra pueden alterar o modificar sus características naturales o las del medio ambiente.

La contaminación ambiental por desechos sólidos provoca de inmediato el deterioro del medio ambiente, que se manifiesta como degradación de la estética del paisaje ocupado por los basureros cercanos a las ciudades, adición al aire de gases y cenizas al ocurrir la combustión, generación de malos olores cuando ocurre su degradación, empobrecimiento de la tiera.

rra y contaminación de las aguas mediante la lixiviación de la basura por el agua de las lluvias que disuelve y arrastra sustancias químicas que minan su calidad.

La eliminación de desechos urbanos en el D.F. planteaba graves problemas de contaminación, ya que se empleaba el método más económico para deshacerse de ellos. Este método es el de tiradero a cielo abierto sin control.

Es indudable que la mejor manera de controlar la contaminación por desechos sólidos es el reciclaje o reutilización de los materiales donde se cuida de algún modo el retorno de los materiales a su origen. En este estudio se analizan diferentes técnicas para cumplir este objetivo.

Se debe promover una mejor educación, planificación y conciencia de nuestros problemas ambientales a todos los niveles de nuestra sociedad, buscando el beneficio tanto individual como colectivo; debemos tener una nueva conciencia, una nueva filosofía sobre como hay que proteger y cuidar nuestro medio ambiente, como podemos evitar el deterioro del medio en que vivimos y que constituye un legado para nuestros hijos y las futuras generaciones.

Se considera que la basura es un foco de contaminación por las siguientes causas:

- a) En ella se encuentran gran cantidad de organismos nocivos para la salud humana como hongos, bacterias, virus, moscas, cucarachas, etc.
- b) Al descomponerse la materia orgánica produce humus, gases tóxicos y malos olores.
- c) Al filtrarse a través del suelo, los productos de la fermentación de la basura contaminan las aguas subterráneas

con organismos patógenos y sustancias químicas.

Al depositar la basura a cielo abierto, los microorganismos que ahí se producen son transportados por el viento, lo que contamina el aire, el suelo y el agua.

3.2. SALUD PUBLICA

La basura es un medio propicio para que se desarrollen y reproduzcan bacterias, virus, hongos, moscas, cucarachas y ratas.

Entre las enfermedades que estos organismos causan o transmiten se encuentran: la rabia, la tifoidea, la peste y la fiebre; la parasitosis, la amibiasis, las infecciones intestinales, algunas de ellas epidémicas.

Los hongos son productores de padecimientos de la piel tales como tiñas, candidiasis bucal, onicomicosis; las amibas, lombrices y solitarias producen o transmiten enfermedades gastrointestinales.

Las consecuencias producidas por la basura alcanzan un alto costo social, pues al contaminarse los suelos, el agua y el aire, disminuye la calidad de vida y aumentan las enfermedades.

Otra manera en que se afecta la salud pública es por medio de los humos ofensivos que se producen al quemarse los desechos sólidos, ya sea en forma espontánea o provocada que puedan causar enfermedades pulmonares, irritaciones nasales, de los ojos y olores molestos.

Del manejo inadecuado de los desechos sólidos pueden ocasionarse lesiones accidentales tales como:

a) Heridas y quemaduras cuando los niños juegan con los desechos sólidos.

b) Lesiones en las manos y en los pies, lastimaduras en la espalda y hernias cuando los recolectores manejan recipientes inadecuados.

c) Enfermedades de la piel y heridas en las manos -- cuando no usan equipo de seguridad.

3.3. FORMA DE VIDA DE LOS PEPENADORES

México es uno de los pocos países en el mundo, en el cual existen comunidades compuestas por familias de pepenadores en los tiraderos de basura. Familias en las que desde el padre hasta el hijo más pequeño separan a mano lo reprocesable de la basura, independientemente del trabajo realizado por algunos empleados del sistema de recolección.

El medio ambiente en que viven estas comunidades, -- las características del trabajo que desarrollan en las condiciones en que lo realizan y principalmente la estructura de su organización social, son factores que provocan la existencia de una vida de miseria, ignorancia y opresión para los individuos que las componen.

Los pepenadores no constituyen un sector formal de la sociedad propiamente dicho (ya que sus actividades no están registradas oficialmente y por lo tanto no son asalariados ni gozan de prestaciones), participan en alguna medida en el ciclo producción-distribución-cosumo al hacer posible mediante su trabajo, que una parte de la basura sea base para la producción de nuevos medios de consumo.

Esto, desde luego, implica una utilización más eficiente de distintos materiales, lo que contribuye a conservar los recursos naturales. Desde este punto de vista, la labor de los pepenadores es importante, si bien no se justifica la manera y condiciones como la llevan a cabo.

El origen de la pepena en la ciudad de México se remonta a los primeros años del crecimiento acelerado (medios de los 40's), cuando los tiraderos a cielo abierto fueron la única opción de trabajo e ingresos para una parte de la población que demandaba empleo. Entre ésta se encontraban por ejemplo, campesinos que habían emigrado a la ciudad en busca de un mejor nivel de vida.

Con el paso del tiempo, los pepenadores fueron conformando un grupo social homogéneo, con elementos nacidos en los tiraderos mismos. Su contacto con el medio exterior fue y ha sido muy limitado; tan solo recientemente, con base en estudios de sociología y en la comunicación que ha logrado entablar con ellos el D.D.P., se ha podido conocer la organización y modos de trabajo que los rigen, así como las características de su nivel de vida.

Cuando los pepenadores se asentaron en las inmediaciones o dentro, incluso, de los tiraderos, ejercieron un control de estos sitios que condicionaron al gobierno de la ciudad sobre la manera como debería disponerse allí los desechos sólidos. El único interés consistía en dar naso a la pepena, por lo que pronto se acumularon grandes pilas de basura, las que provocaban malos olores, contaminación del suelo y del agua subterránea y eran sustrato para el desarrollo de fauna nociva.

En este contexto, la calidad de vida de los pepenadores era sumamente baja. Por ejemplo, sus viviendas, construidas de cartón y lámina, carecían de servicios básicos, como agua potable, energía eléctrica y drenaje. La pepena se realiza sin el equipo mínimo de seguridad (batas, guantes, etc.), con riesgo de sufrir cortaduras o bien picaduras o mordeduras de vectores transmisores de enfermedades, como moscas y ratones. En consecuencia, los problemas de salud entre los pepenadores eran y siguen siendo frecuentes.

En adición a lo anterior, los pepenadores han tenido un grado de escolaridad mínimo. En 1970, de la población de 10 años o más que vivía en el tiradero de Santa Cruz Meyehualco, casi la mitad era analfabeta y sólo un pequeño porcentaje había concluido el sexto año de primaria.

Debido a su bajo nivel educativo, su escasa conciencia del papel que desempeñan en la sociedad y diversos factores inherentes a su condición humana, los pepenadores se han visto influenciados por líderes que, si bien emergieron de la comunidad, han obtenido muchos beneficios a costa de ella.

Los líderes hicieron de cada tiradero un lugar impenetrable para cualquier persona ajena, con reglas específicas dentro de él para la selección, compra y venta de los distintos materiales reciclables de la basura.

De esta forma, papel, vidrio, cartón, lámina, hueso y plástico, entre otros subproductos que clasifican los pepenadores, son comprados in situ por personas designadas por el líder, las que posteriormente se encargan de su comercialización con la industria en mejores términos.

La situación económica entre pepenadores y líderes es, por lo tanto, contrastante, redundando en un continuo nivel de pobreza para los primeros. Esta forma de organización que los líderes conforman predomina en la actualidad.

En fin, con esto nos podemos dar cuenta de como viven y cual es la explotación a las cuales están sujetos, debemos tomar conciencia y dar fin a este tipo de problemas, - instalando una o varias plantas procesadoras de basura y así darles una humana fuente de trabajo en la misma planta.

3.4. INADECUADA DISPOSICION DE LA BASURA EN EL D.F.

La falta de educación de la gente y lo inadecuado de los servicios públicos son factores determinantes para -- que una ciudad se encuentre siempre sucia.

La oración ponga la basura en su lugar tiene un -- significado tan importante para la vida moderna que si no se le hace caso estaremos invadidos por los residuos sólidos.

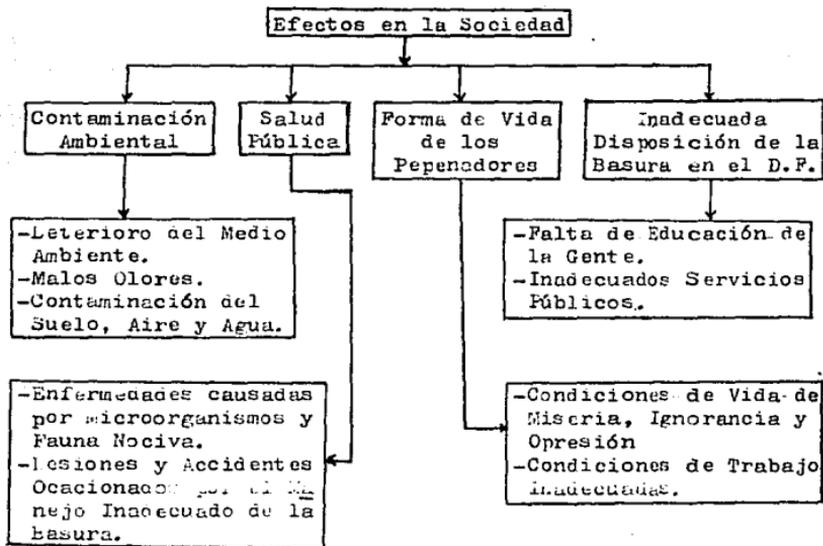
El problema de no poner la basura en su lugar empienza por la falta de conciencia en el público al arrojarla en las calles, no aislarla en recipientes herméticos e impermeables, ni entregarla a los servicios de recolección.

Evidentemente, la responsabilidad de poner la basura en su lugar no es sólo del ciudadano, sino también de las autoridades del D.D.F., ya que estas deben de prever los medios necesarios para la correcta disposición de los desechos auspiciar campañas publicitarias educativas efectivas para - crear hábitos de limpieza y terminar así con este problema -

eliminando la formación de basureros clandestinos y conservando limpias las calles del D.F.

A continuación, se presenta un cuadro sinóptico -- (cuadro No. 2), en el cual se puede apreciar, la clasificación de los problemas que origina la basura en la sociedad.

CUADRO No. 2



A continuación, en las páginas siguientes, se puede apreciar, la forma de vida de los pepenadores.

Fotografía No. 1

-- Se puede apreciar un ejemplo, de las casas, en -- que habitan, en las que un solo cuarto sirve como cocina, --

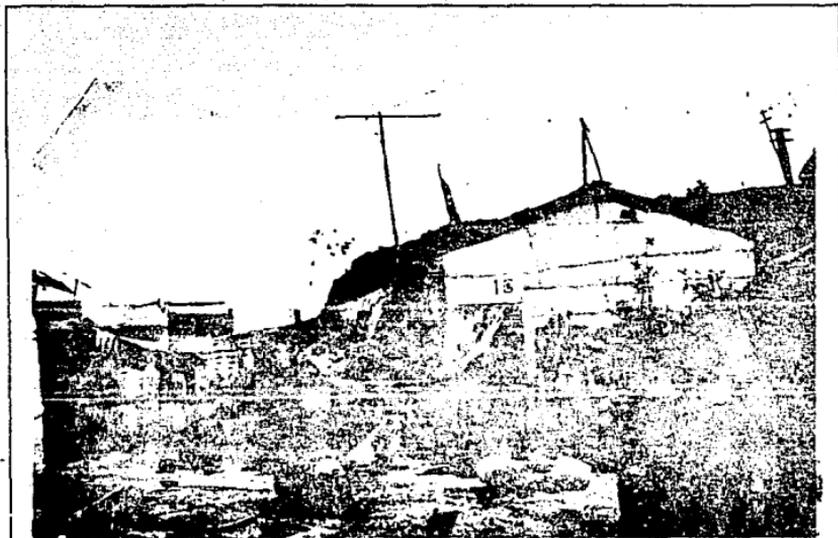
recámara, comedor y baño.

Fotografía No. 2

-Se puede apreciar la proximidad de sus casas, a los montones de basura.

Fotografía No. 3

-Se puede apreciar las condiciones, antihigiénicas e inadecuadas, de como los pepenadores llevan a cabo su trabajo.



Fotografía No. 1: Ejemplo, de casa habitación en donde habitaban los peponadores de Sta. Fé (en la que un solo cuarto servía de-cosina, recámara, comedor y baño.).



Fotografía No. 2: Proximidad de las casas
de los pepenadores con-
los montones de basura-
(en el extradero de --
Sta. Fé.).



Fotografía No. 3: Penenadores traba-
bajando, en el Relleno Sanitario ---
"Prados de la Montaña" (en condicio-
nes insalubres y sin equipo de pro-
tección.).

CAPITULO IV

IV. ALMACENAMIENTO Y RECOLECCION DE DESECHOS SOLIDOS

4.1. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento se puede definir como la acción de retener temporalmente los residuos sólidos, luego de ser desechados por el usuario, en espera de ser reunidos y transportados por los vehículos recolectores. Esta acción se realiza depositando los residuos en un recipiente que los aisle del medio ambiente.

La importancia de la etapa de almacenamiento en el proceso del manejo de los desechos sólidos se manifiesta en la relación directa que guarda con la recolección. Es decir, un adecuado almacenamiento imprime mayor eficiencia al servicio de recolección y coadyuva en la conservación del medio ambiente.

Sin embargo, en la actualidad el almacenamiento se realiza utilizando recipientes improvisados y con un mínimo de seguridad tanto a nivel doméstico, como comercial e industrial, lo que provoca lentitud en la recolección, y aumenta el riesgo de accidentes entre los operarios.

De igual manera, el almacenamiento inadecuado ha venido afectando la imagen urbana del D.F., ya que es constante la presencia de basura en calles, avenidas, mercados y, en general en la mayoría de los lugares públicos del D.F.; que por extensión produce fauna nociva, germenés patógenos y ocasiona bloqueo de alcantarilla.

Esta situación tiene su origen, por una parte en algunas actitudes negativas de la población, en la medida en que descuida las condiciones mínimas de seguridad de los recipientes en que depositan sus residuos en la vía pública, o bien al utilizar lugares inapropiados, provocando con ello el surgimiento de tiraderos clandestinos.

Por otra parte, la ausencia de programas de concientización hacia la población, así como de equipo adecuado de almacenamiento para desechos en la vía pública, y la falta de delimitación de las obligaciones de los habitantes, comerciantes e industriales, en esta materia, contribuyen a la agudización de los problemas higiénicos y ambientales.

Los recipientes utilizados en las fuentes generadoras de desechos sólidos son de diferentes capacidades y están hechos de diversos materiales (plástico, madera, metal, etc.), lo que dificulta su manejo durante la recolección.

En la actualidad se han hecho estudios parciales en cuanto a la situación del almacenamiento, tal como el realizado para almacenamiento en parques y jardines; además se han tomado acciones concretas en lo que respecta al almacenamiento de residuos especiales, dentro de los cuales se encuentra los hospitales, de aeropuertos, reclusorios e instituciones gubernamentales, lo cual ha permitido colocar 281 contenedores metálicos de 1.5 m^3 de capacidad en las instituciones médicas del D.D.F. y algunos otros como el I.M.S.S., D.I.F., etc.

A continuación, en la fotografía No. 4, se puede apreciar el tipo de recipientes de almacenamiento, para parques y jardines.



Fotografía No. 4: Tipo de recipientes de almacenamiento, para parques y jardines (Chapultepec.).

Hay que tener en cuenta que, para que el almacenamiento de basura sea adecuado, debe existir un servicio eficiente de recolección, pues no puede esperarse que las personas - almacenen adecuadamente su basura cuando el servicio de recolección es irregular.

Las características que deben tener los recipientes para el almacenamiento de los desechos sólidos son los siguientes:

a) Deben ser higiénicos. Que eviten la proliferación o atracción de vectores (moscas, ratas, microorganismos, etc.) que pueden producir enfermedades.

b) Deben evitar la formación de malos olores.

c) Deben evitar la decadencia estética de ciertas - áreas.

d) Deben de cooperar a mejorar y elevar la eficiencia de la recolección de los desechos sólidos.

4.2. ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO

El almacenamiento domiciliario, constituye un aspecto importante en el tratamiento de las basuras. Las basuras - domiciliarias cuando no son almacenadas debidamente, contaminan el medio ambiente poniendo en peligro la salud de los acupantes de las casas habitación y de los vecinos en general.

La falta de reglamentos y su aplicación respecto al manejo y almacenamiento domiciliario trae como consecuencia - el descuido en el aseo de viviendas y calles, así como la falta de responsabilidad en el almacenamiento de las basuras, o-

reginando con ello, pequeños tiraderos en el predio, en la vía pública, en predios baldíos, y arrojándolas a las atarjeas.

En el caso del almacenamiento domiciliario, los depósitos constituyen una gran variedad de recipientes, formados - por:

- a) botes
- b) cajones de madera
- c) cajas de cartón y de plástico
- d) bolsas
- e) costales
- etc.

De diferentes formas y tamaños, en su mayoría descubiertos que prácticamente no presentan ninguna protección contra: moscas, ratas, perros, etc. que la tiran y la hacen más peligrosa para la salud pública.

Desde luego, muchas de las malas prácticas realizadas por los vecinos en este aspecto, además de las causas anteriores, obedece en gran parte, a las deficiencias con que se lleva a cabo el servicio de recolección.

Para el almacenamiento adecuado de los desechos sólidos en casas habitación existen en general 2 tipos de recipientes:

- 1) Reutilizables
- 2) Desechables

Ambos deben de cubrir las siguientes características:

- a) Tamaño manejable (de 20 a 38 lts.). Se estima que 30 Kg de peso (máximo), para el recipiente lleno es perfectamente manejable.
- b) De material ligero y resistente.

Los recipientes reusables pueden ser de metal o de plástico y deberán tener las siguientes características:

- a) Estructuralmente fuertes y durables.
- b) Fáciles de llenar, vaciar y limpiar. La superficie interior deberá ser lisa y el diámetro del recipiente deberá disminuir gradualmente desde la boca hasta el fondo.
- c) Tapas de cierre ajustado. De preferencia del mismo material
- d) Asas o agarraderas convenientes para facilitar su manipulación.
- e) Deben tener capacidad adecuada a la generación familiar y a la frecuencia de recolección.

Los recipientes desechables pueden ser bolsas de plástico de diferentes colores, para separar la materia orgánica de la materia inorgánica. A continuación se ponderan sus ventajas y desventajas:

Ventajas:

- a) Rapidez de recolección, ya que no tiene que regresarse el recipiente.
- b) No tienen que ser vertidos en la recolección.
- c) El número de bolsas es ajustable a las necesidades inmediatas.
- d) Ligeras y fáciles de manejar.
- e) Se simplifica el sistema de recolección.

Desventajas:

- a) Son propensos a ser dañados, por animales domésticos y roedores.
- b) Es necesario tener estantes, receptáculos o contenedores adecuados.
- c) Lavado de los receptáculos.

d) Mayor costo por la continua sustitución de las -
bolsas.

En general para el uso y protección adecuada de los recipientes de almacenamiento se dan las siguientes recomendaciones:

- a) Envolver las basuras.
- b) Utilizar estantes o receptáculos adecuados.
- c) Lavar los receptáculos.
- d) Proveerse de cobertizos, fosas u otro tipo de --
resguardos adecuados.

e) La zona de almacenamiento debe de mantenerse limpia libre de vectores y materiales no destinados para el almacenamiento.

f) Los recipientes se deben lavar y escobillar cuidadosamente después de cada recolección.

Las casas habitación del D.F. tienen características muy peculiares y diferentes entre sí; por estos motivos -- es imposible señalar un lugar general para la ubicación de -- los recipientes de los desechos sólidos, pero se pueden proporcionar algunas consideraciones básicas:

El o los recipientes deben localizarse en un lugar --
tal que:

- a) No sea derramado por animales domésticos.
- b) Esté fuera del alcance de los niños.
- c) Los olores que de ellos se puedan desprender no --
molesten a los habitantes de la casa.
- d) Estén cercanos al lugar donde se produce la --
mayor proporción de basura.
- e) Estén accesibles a los habitantes de la casa, de

tal manera que recuerden su función.

- f) Disminuyen lo estético lo menos posible.
- g) No estén expuestos a robo.
- h) Estén fuera del alcance de vectores.

4.3. ALMACENAMIENTO EN HOTELES, MERCADOS Y CENTROS COMERCIALES

En estos centros de gran generación de residuos sólidos deben colocarse contenedores de 2.3 m^3 para que puedan ser recolectados por camionetas pick up, o contenedores que puedan ser cargados mecánicamente por el vehículo recolector de carga frontal. Los contenedores son cajas metálicas de grandes dimensiones ($1.5 \times 1.5 \times 1.0 \text{ m}$) y pueden ser móviles o estacionarios; la resistencia de los mismos debe ser función del peso volumétrico de las basuras. Por lo que respecta a la inversión, relativamente alta, esta deberá ser cubierta por los establecimientos comerciales y de ser posible contar con un vehículo en común que podrá ser pagado por ellos mismos; este vehículo deberá depositar la basura en los lugares previstos por el D.D.F.

En los hoteles, el almacenamiento podrá ser efectuado en los sótanos o lugares que tengan fácil acceso a los vehículos recolectores, con gran facilidad de operación y se deberá lavar el lugar con regularidad y mantenerlo siempre en buen estado.

En los mercados y supermercados generalmente se cuenta con los lugares adecuados, pero se recomienda. Si es posible, separar la basura orgánica de la inorgánica para fa-

cilitar su manejo.

4.4. ALMACENAMIENTO EN CENTROS EDUCACIONALES

Es conveniente distribuir estratégicamente recipientes para desperdicios en cada salón de clases, corredor y patio. Al término de cada turno debe procederse al retiro de estos y ser eliminados en la recolección o mediante un incinerador, siendo esta técnica fácil de aplicar pero bastante cara.

4.5. ALMACENAMIENTO EN CLINICAS Y HOSPITALES

Las actividades inherentes a un hospital producen gran cantidad de desperdicios orgánicos e inorgánicos, sólidos y semisólidos. El volumen de basura de un hospital es abundante y constituye un agudo problema de almacenamiento y disposición final.

La cantidad de basura es variable pero se puede estimar de 2 a 3 Kg/cama.

- Características y origen de la basura en hospitales
 - a) Basura seca (limpieza del piso, papeles, etc.).
 - b) Basura húmeda (cocinas).
 - c) Tejidos húmedos y huesos (sala de operaciones y partos, laboratorio y sala de autopsias).
 - d) Moldes de yeso (sala de traumatología).
 - e) Desperdicios radiactivos (sala de rayos X).
 - f) Desperdicios de almacén (cajas de cartón, envases, papel, plástico, etc.).
 - g) Restos de metal (latas y envases).

h) Vidrios (botellas de suero, frascos, etc.).

La recolección, eliminación y disposición final de los desperdicios debe enfocarse fundamentalmente desde el -- punto de vista sanitario. Es deprimente en el D.F. observar a los trabajadores manejar sin protección alguna los dese--- chos de los hospitales, algunos de ellos demasiados peligrosos para la salud.

- Recolección dentro del hospital. La recolección se debe hacer mediante un carrito que tenga un recipiente metálico que estará protegido por un saco de lona, donde se vaciarán los cestos de papeles y los desperdicios al efectuar la limpieza de las habitaciones y de las diferentes salas. - esta recolección se hará en horas en que no moleste a los pacientes, que no interfiera en las horas de trabajo y procurando también que sea al final de la jornada o cuando se ha terminado la hora de visita del turno vespertino.

4.6. ALMACENAMIENTO EN ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO

En el D.F. se presentan zonas de difícil acceso debido a su topografía que imposibilita o hace muy difícil y - lenta la recolección de la basura. Este problema da como resultado basureros clandestinos. Para evitar lo anterior se - ha encontrado como solución la colocación de contenedores en puntos estratégicos de fácil acceso y que permanezcan cierto tiempo en dichos puntos de tal modo que toda la gente tenga oportunidad de deshacerse de sus basuras.

- Los beneficios que acarrea estos contenedores -- son los siguientes.

- a) Se cubriría en su totalidad el servicio de recolección.
- b) Se reducirán los costos de almacenamiento y operación en el servicio de recolección.
- c) Se reducirán las objeciones públicas al eliminar los basuros clandestinos.

Para la limpieza y mantenimiento de los contenedores se deben crear brigadas, que las mantengan en buenas condiciones.

En la fotografía No. 5, se puede apreciar un contenedor en una zona de difícil acceso (unidad habitacional).

4.7. ALMACENAMIENTO EN LAS CALLES DE LAS ZONAS COMERCIALES

Por lo que respecta al problema del mal aspecto de las calles de la ciudad, provocado por los mismos ciudadanos sólo será resuelto hasta que las autoridades le den la importancia debida.

En este problema intervienen 2 factores, principalmente:

- 1.- La educación cívica. Que se puede lograr, por medio de campañas publicitarias.
- 2.- Y la existencia de recipientes adecuados. Como complemento a las campañas publicitarias. Es obligación de las autoridades de proveer a las zonas comerciales de recipientes adecuados, tanto en número como en características, para las necesidades de la ciudad.

Los recipientes deberán ser colocados uno en cada esquina de las zonas comerciales, cuando menos en la porción que presente mayor tráfico de personas.



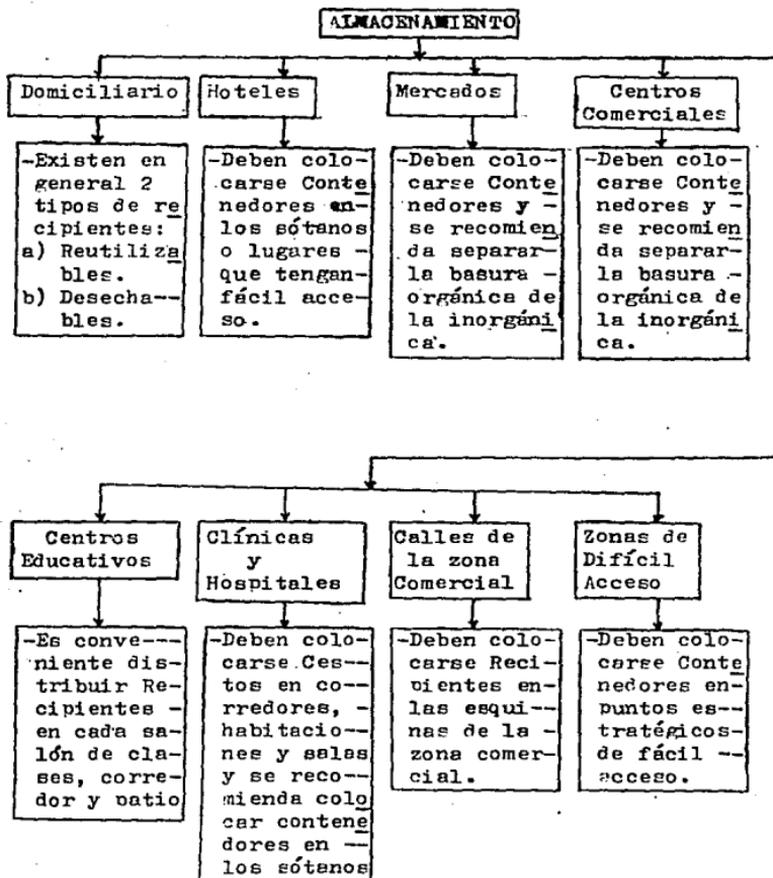
Fotografía No. 5: Contenedor en una zona de difícil -
acceso (unidad habitacional.).

Las características principales de los recipientes - serán las siguientes:

- a) Hechos de material resistente (lámina).
- b) De boca chica, para que únicamente pueda ser usado por los-
peatones y no sea depositado ningún otro tipo de basura (do-
méstica, comercial, etc.).
- c) Fácil manejo.
- d) Debe contener un recipiente interior de fácil ensamble.

A continuación, se presenta un cuadro sinóptico (cua-
dro No. 3), en el cual se puede apreciar, los diferentes tipos
de almacenamiento.

CUADRO No. 3



4.8. RECOLECCION

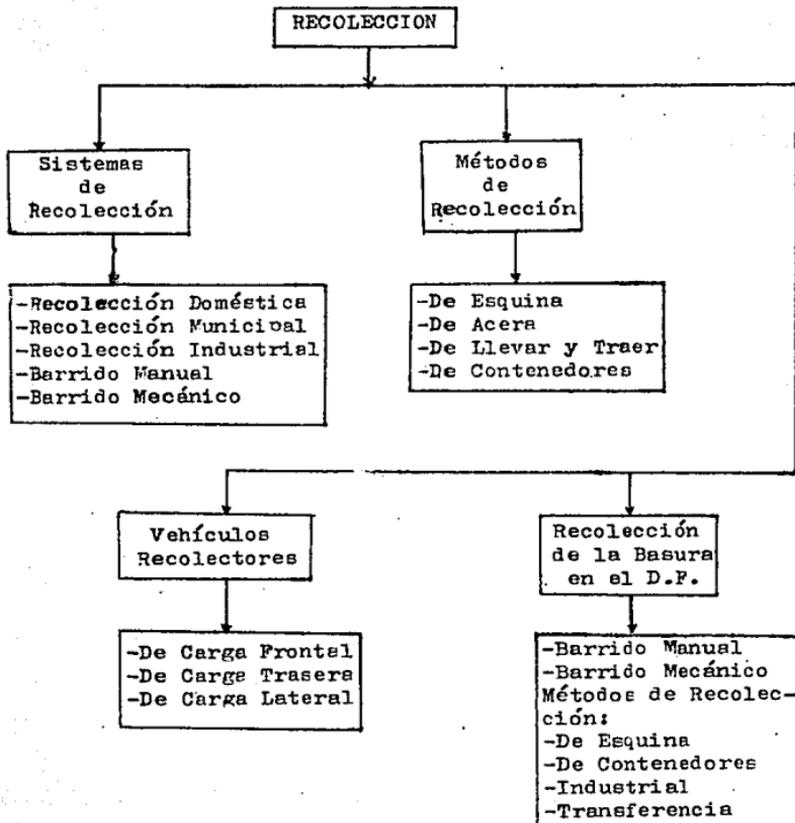
La recolección de basura es el lazo de unión entre la disposición inicial y el sistema de disposición final.

La recolección debe estar bien organizada de tal modo que permita un servicio eficiente, sin producción de malos olores, polvos, ruidos molestos y desquiciamiento del tráfico.

Para el diseño de un sistema de recolección de basura se debe considerar varios factores que son inherentes, de manera muy particular, a la población donde se desean implantar, o sea, tomar en cuenta las condiciones de pavimentación, actividades de la comunidad, precipitación pluvial, tipo de basura producida, densidad de población, clima, responsabilidad en la disposición, método de disposición de los materiales manejados, frecuencia de recolección, tipo de equipo, extensión del recorrido, etc.

A continuación, se presenta un cuadro sinóptico (cuadro No. 4), en el cual se puede apreciar, los diferentes Sistemas de Recolección, Métodos de Recolección, Vehículos Recolectores y Recolección de la Basura en el D.F.

CUADRO No. 4



4.9. SISTEMAS DE RECOLECCION

Los sistemas de recolección de basura pueden considerarse de diversas formas y variantes de acuerdo a las necesidades de la comunidad, pero podemos darnos una idea al clasificarla someramente en: recolección doméstica, recolección municipal, industrial, programas especiales, barrido manual y barrido mecánico.

a) Recolección Doméstica.- En este sistema se tienen 2 opciones de recolectar los desechos. La primera consiste en utilizar un solo recipiente para todo tipo de basura, lo cual reduce el costo de servicio de recolección y es más fácil para las personas. En países más desarrollados se utiliza el segundo método el cual obliga a separar en dos depósitos diferentes los desperdicios y los desechos del hogar - aunque esta separación tiene la desventaja de aumentar el costo de recolección porque se necesita de una mayor cantidad de vehículos, trabajadores especializados para recoger - cada tipo de materiales y por consiguiente cada ruta se recolecta por más de una vez, por otra parte la recolección combinada de desechos hace el material más seco, menos desagradable y existen pocas posibilidades de la cría de agentes generadores de enfermedades, esto elimina también la dificultad de hacer comprender a los ciudadanos la necesidad de la separación, pero es importante remarcar que las basuras separadas son de una gran utilidad para su reuso.

b) Recolección Municipal.- La recolección munici--

pal es la que se efectúa con el equipo y personal pagado por el D.D.F., generalmente es gratuito sufragándose los gastos con los ingresos del D.D.F. En la recolección por contrato, el D.D.F. deberá pagar a una empresa o contratista para que ejecute el trabajo.

Para efectuar la recolección es necesario tener vehículos y mano de obra especializada para este tipo de trabajo.

Se puede recomendar lo siguiente para un buen planeamiento del sistema de recolección:

Ubicar en un plano de la ciudad los puntos de disposición final de la basura, para elaborar rutas lo más corto posibles, es recomendable utilizar estaciones de transferencia.

Las estaciones de transferencia, son intermedias entre los camiones recolectores y su disposición final, solucionan los problemas de grandes distancias del punto de determinación de la recolección a la disposición última de las basuras, así como también se evitan problemas de tránsito de los vehículos, menor desgaste de los camiones y aumenta el rendimiento de recolección al no tener pérdidas en el acarreo de la basura a su destino final.

c) Recolección Industrial. - Se realiza previa solidad del usuario y pago a la tesorería del D.D.F. de acuerdo al peso y volumen máximo recolectado a determinar por el D.D.F. Es la recolección de desperdicios industriales y comerciales privados que puede ser efectuada por el servicio de limpia (si esto no afecta al sistema de recolección domi-

ciliaria). En principio, toda industria o comercio debe de disponer de un servicio de recolección particular o privado, para los desechos sólidos que se generan.

d) Recolección de Programas Especiales.- Estos son -- establecidos para efectuar las recolecciones de desechos generados en mercados, centros de abasto, en locales de ferias, en fiestas públicas y en los edificios públicos.

e) Barrido Manual.- Es el servicio que realiza el -- personal adscrito de las oficinas de limpia y que consiste en el barrido a pie de las calles, banquetas, parques, algunas vías rápidas y jardines de la ciudad, para mantenerla limpia recogiendo cualquier desperdicio u objeto abandonado en la vía pública, incluyendo excrementos de los animales.

f) Barrido Mecánico.- Se efectúa con equipos mecánicos especiales y se lleva a cabo en las principales avenidas y vías rápidas de la ciudad. Los sistemas para descargar la basura son los siguientes: manual, por vibración, caja de volteo, caída libre (vertical), caída libre (plano inclinado), por aire a presión.

4.10. METODOS DE RECOLECCION

Los métodos de recolección más comunes se describen a continuación:

a) Método de Esquina.- Se puede decir que es el méto

do más económico, mediante el cual los usuarios del sistema, - llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se - estaciona para prestar el servicio, una vez que han llegado -- hasta el vehículo forman una fila ordenada para que un opera-- dor les tome el recipiente, lo entregue a otro que se encuen-- tra dentro de la carrocería del vehículo, (vehículo de carga - lateral) el cual vacía el contenido del recipiente y lo regre-- sa al operario que se lo entrego, para que le sea devuelto al-- usuario, el cual después de ésto se retira del vehículo, la -- operación anterior, se repite tantas veces como sea necesario, hasta dar servicio a todos los usuarios que lo hayan solicita-- do.

b) Método de Acera.- Este método consiste en que los usuarios del sistema colocan sus recipientes sobre la acera, - para que los operarios los tomen, los lleven al vehículo para-- vaciar su contenido, regresándolos personalmente al sitio de - donde los tomaron, para que los usuarios los introduzcan ya va cios a sus casas habitación.

Para lo anterior, es necesario que el vehículo recolector tran site a una velocidad muy baja en ambos sentidos de la calle, - por lo cual éste método puede darse en forma adecuada, en aque-- llas localidades que cuenten con calles de doble sentido y de-- preferencia con camellones.

Por tal razón se requiere de un amplio civismo entre los usua-- rios del sistema.

Este método, además de ser más costoso que el de esquina, pre-- senta el inconveniente de que animales domésticos y no domésti cos como lo son perros, gatos y ratas entre otros, pueden ver--

se atraídos por los recipientes con residuos sobre la acera, - pudiendo en un momento dado, dispersarla sobre la misma, al -- buscar su alimento, haciendo más lenta la operación de recolección. Para evitar o disminuir este último inconveniente se recomienda canastillas elevadas en las aceras, para colocar en ellas los recipientes con residuos; sin embargo, esto puede involucrar un costo adicional para los usuarios, que no siempre están dispuestos a realizar.

c) Método de Llevar y Traer.- Este método es semejante al anterior, con la variante de que los operarios del vehículo recolector entran hasta la casa habitación por los recipientes, regresandolos hasta el mismo sitio de donde los tomaron. Por este mismo hecho, este método de recolección es más -- costoso que el de acera y aún más que el de esquina.

d) Método de Contenedores.- El método de contenedores es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para prestar el servicio, siendo éstos para el caso que nos ocupa -- en aquellos puntos donde se localicen los contenedores. Este -- método es el más adecuado para efectuar la recolección, en centros de gran generación o de difícil acceso, como pueden ser -- hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas marginadas, entre otras.

La localización de los contenedores deberá ser de tal forma -- que el vehículo recolector, tenga un fácil acceso a ellos y -- que además puedan realizar maniobras sin problemas.

Ahora bien, la experiencia ha dado ciertos lineamien

tos para determinar el equipo de recolección adecuado al método que se pretende establecer, cuestión importantísima por considerar en cualquier diseño de un sistema de recolección, ya que se ha visto que en la mayoría de las ocasiones, el servicio es ineficiente y costoso, debido a que el método con el cual se realiza, no está en concordancia con el equipo empleado.

4.11. VEHICULOS RECOLECTORES

Existen diferentes tipos de vehículos recolectores y estos son: de carga frontal, lateral, trasera y combinaciones de las mismas.

Para la recolección domiciliar se consideran más efectivos los de carga trasera 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.

La función de las cajas compresoras en los camiones es de comprimir todos los desechos para permitir que entre mayor cantidad de desechos sólidos, logrando que la densidad de la basura pase a ser de 400 a 600 Kg/m³. Existen 2 tipos de cajas compresoras, en una el movimiento es continuo y en otras es discontinuo. En este último caso los operarios deben poner en movimiento la palanca compresora cuando la tolva ha quedado llena. La mayor parte de estas cajas pueden ir provistas de eleva cubos normalizados o eleva containers. El sistema de las 2 cajas es de compresión hidráulica, con lo que se consigue mayor índice

de compresión. Para el sistema de movimiento continuo, la caja tiene en la parte inferior un serpentín que esta en movimiento constante y es el que actúa para que la basura se traslade a la parte trasera de la caja así comprimiendola constantemente.

4.12. RECOLECCION DE LA BASURA EN EL D.F.

La planeación, ejecución y control del servicio de limpieza en la ciudad de México, es responsabilidad de un organismo central, que es el D.D.F., apoyándose para el efecto en dos secretarías generales que le dependen, la de gobierno y la de obras.

Dentro de la estructura organizacional de la secretaría general de gobierno, se encuentran integradas 16 delegaciones políticas, las cuales están distribuidas en el territorio que abarca el D.F. o ciudad de México, teniendo como responsabilidad en el sistema general de limpieza, las acciones correspondientes al barrido, recolección y transferencia de los desechos sólidos generados en la jurisdicción de cada una de éstas.

a) Barrido.- El barrido de las calles en el D.F. se efectúa de 2 maneras.

La primera, en forma manual, se efectúa por cerca de 8,000 barrenderos que cubren 7,993 Km lineales diarios.

El barrido mecánico, por su parte, se lleva a cabo a través de 234 barredoras con un rendimiento promedio de 41 --- Km/barredora/día; éstas tienen una capacidad total de 510 --- ton/día, recorriendo 9,607 Km lineales de vías. En total se barren 17,600 Km lineales diarios, equivalentes a barrer una ca-

retera entre México y Buenos Aires.

La problemática que enfrenta el sistema de barrido - mecánico en las delegaciones se caracteriza principalmente por la falta de personal técnico especializado y refacciones para el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo que es de origen extranjero.

b) Recolección.— El principal método de recolección que se utiliza en las 16 delegaciones del D.D.F. es el denominado de esquina, el cual consiste en que los vehículos recolectores se detienen en cada esquina de las rutas establecidas y previo tañido de la campana, los usuarios transportan los recipientes con desechos sólidos hasta el vehículo, ahí son entregados al personal de la cuadrilla de recolección, quienes los depositan en el interior de la caja recolectora, repitiéndose esta última maniobra hasta el último usuario, posteriormente el vehículo se traslada hasta el siguiente punto de recolección.

Otro método utilizado, es el que se utiliza para dar servicio a contenedores, los cuales se colocan en parques públicos u otras áreas previamente seleccionadas, estos contenedores son servidos por vehículos recolectores de carga frontal o de carga lateral con adaptaciones para el levantamiento y vaciado de contenedores.

Un método ortodoxo de recolección domiciliaria, es el que lleva a cabo el personal de barrido manual del D.D.F., que consiste en recolectar desechos domiciliarios mediante el pago de una cuota no establecida y variable que depende del nivel socioeconómico del área servida, para que ellos la deposi-

ten en los vehículos recolectores.

Finalmente existe dentro de las delegaciones un servicio de recolección industrial, el cual es proporcionado bajo el pago de una tarifa a la tesorería del D.F., sin embargo este servicio también lo prestan los choferes mediante el pago correspondiente. Por supuesto sin entrar a las arcas del D.D.F

c) Frecuencia de Recolección.- No existe uniformidad en la frecuencia de recolección domiciliaria, esta varía desde un servicio diario hasta el de una vez por semana o frecuencia muy irregular en las áreas marginadas del D.F. con respecto a mercados públicos la frecuencia es diaria, incluso domingo, -- asimismo a los servicios especiales según se haya estipulado en el contrato de prestación de los servicios.

d) Equipo de Recolección.- El D.D.F. a través de sus delegaciones políticas, cuenta con 1,579 vehículos destinados para efectuar la recolección, completando el parque vehicular con la renta de 500 unidades.

En todas las delegaciones existe una mezcla heterogénea de marcas y tipos de unidades de recolección, en lo que respecta a las unidades automotores, existen de todos los tipos de marcas que ofrece el mercado nacional (Ford, Dina, Chevrolet, Dodge, Famsa) y de la marca International en el equipo importado.

En lo que respecta a las cajas recolectoras existen las cilíndricas y rectangulares de carga lateral, las de carga trasera, las de carga frontal, las de volteo, las de redilas y las camionetas pick up. Las cuales presentan distintas capacidades volumétricas (de 6 a 19 m³), en la delegación Alvaro ---

Obregón existen cajas adaptadas a pick up.

En las figuras de la 2 a la 8 se presentan dibujos - de los diferentes tipos de vehículos recolectores con que cuentan las delegaciones del D.F.

e) Transferencia.-- En esta fase se dispone de infraestructuras que se utilizan para transferir los desechos de vehículos recolectores a vehículos de transferencia, con el fin de reducir distancias y costos en los recorridos.

Para atender este aspecto se cuenta actualmente con 11 estaciones de transferencia, distribuidas dentro del área - del D.F. y con una capacidad técnica de 12,766 ton/día de dese chos en 2 jornadas de trabajo. El método empleado para la --- transferencia de los desechos, es el de carga directa, el cual se realiza a través de tolvas y ranuras, teniendo como ventaja principal el bajo costo de mantenimiento.

En la figura No. 9 se puede apreciar la localización de las "Estaciones de Transferencia" existentes en el D.F. y - en la tabla No. 5 se puede apreciar las capacidades de cada -- una de la estaciones de transferencia. (9).

TABLA No. 5
ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DEL D.D.F.

ESTACION DE TRANSFERENCIA	TOLVAS	CAPACIDAD (ton/día)
1.- Azcapotzalco	4	600
2.- Benito Juárez	5	750
3.- Coyoacán	4	600
4.- Cuauhtémoc	5	750
5.- Gustavo A. Madero	4	900
6.- Iztacalco	5	750
7.- Iztapalapa	2	1,200

8.- Miguel Hidalgo	5	750
9.- Milpa Alta	2	600
10.- Venustiano Carranza	5	750
11.- Xochimilco	2	600

FUENTE: SEDUE. "Manejo y Control del Sistema Generador-Receptor de Residuos Sólidos en la Unidades Urbanas del D.F. (Disposición Final)". Diseño Ingeniería y Planeación S.A. de C.V. 1984. (9).

El parque vehicular para llevar a cabo esta acción - es de 115 tractocamiones y 133 cajas. (6).

Actualmente, en 3 delegaciones se operan las estaciones regionalmente en donde el optimizar el radio de acción se incide con una mejoría en la prestación del servicio de recolección.

En la fotografía No. 6, se muestra un ejemplo de una estación de transferencia (Coyoacán).

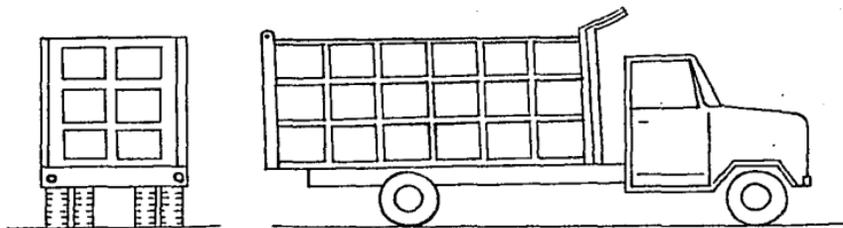


Fig. No. 2 Vehículo de Recolección con Caja de Volteo, Capacidad 6 m³

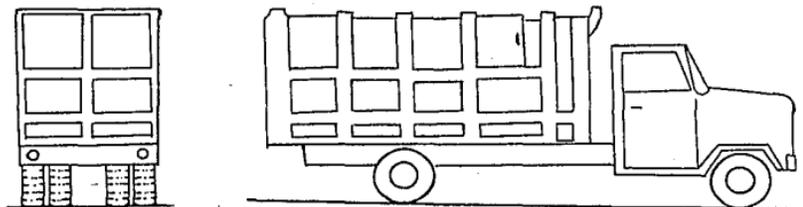


Fig. No. 3 Vehículo de Recolección con Caja Rectangular de Carga Lateral,
Capacidad 12 m³

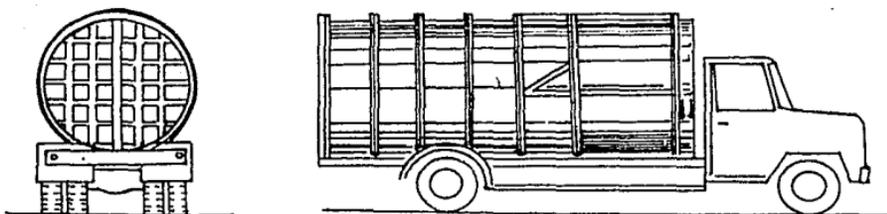


Fig. No. 4 Vehículo de Recolección con Caja Cilíndrica de Carga Lateral,
Capacidad 12.23 m³

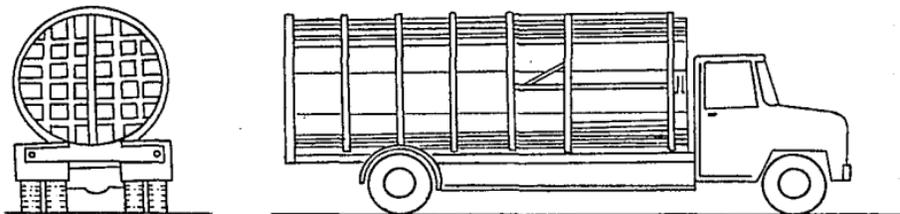


Fig. No. 5 Vehículo de Recolección con Caja Cilíndrica de Caja Lateral,
Capacidad 15.23 m³

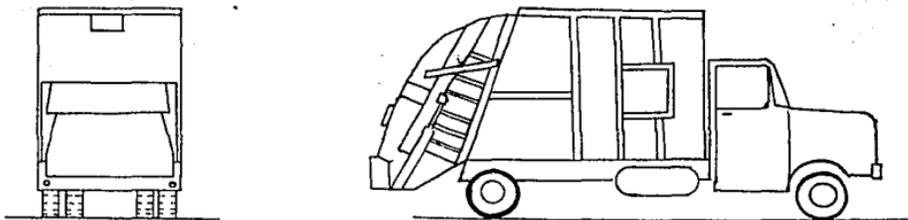


Fig. No. 5 Vehículo de Recolección con Caja Rectangular de Carga Trasera,
Capacidad 12.23 m³

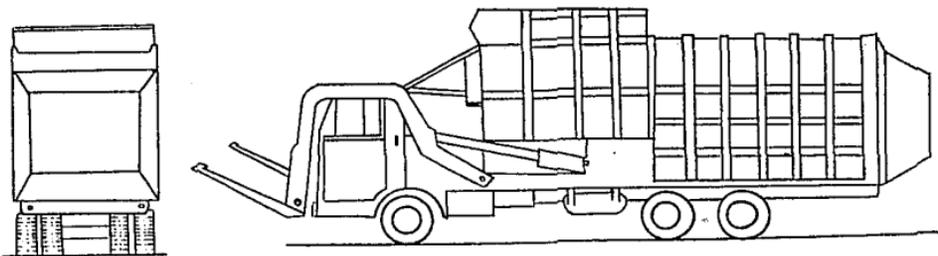


Fig. No.7 Vehículo de Recolección con Caja Rectangular de Carga Frontal,
Capacidad 19.11 m³

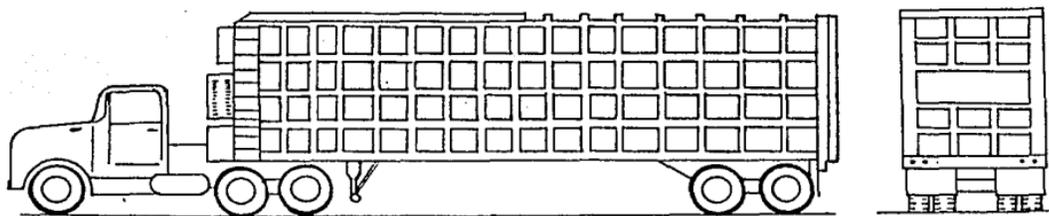


Fig. No. 8 Vehículo de Transferencia, Capacidad 57.3 m³

Figura No. 9

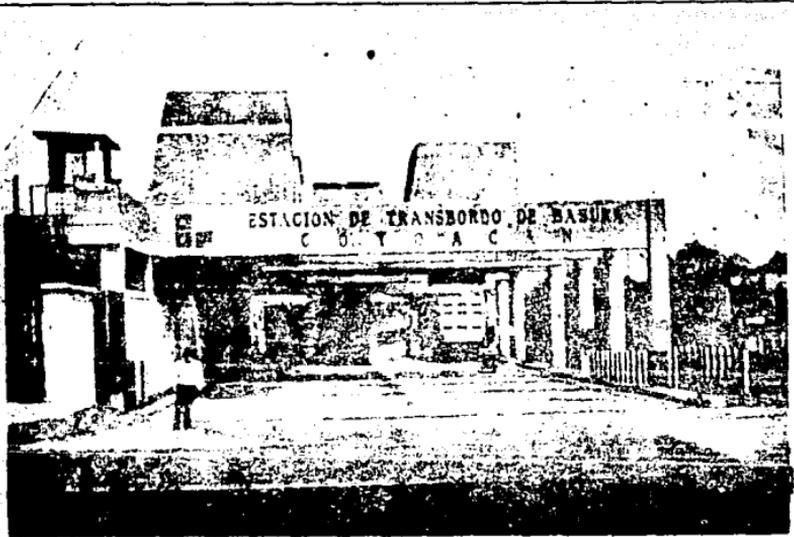
LOCALIZACION DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA Y SITIOS
DE DISPOSICION FINAL

(Recorrido de las Estaciones de Transferencia a
los Sitios de Disposición Final)



SIMBOLOGIA

- ▲ 11 Estaciones de Transferencia
- Rellenos Sanitarios
- ⊙ 7 Tiraderos a Cielo Abierto Clausurados



Fotografía No. 6: Estación de Transferencia (Coyoacán.).

CAPITULO V

V. DESCOMPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS

5.1. ASPECTOS GENERALES

Los desechos sólidos se degradan química y biológicamente, produciendo sólidos, líquidos y gases. Los metales ferrosos y otros metales se oxidan y los desechos orgánicos e inorgánicos son degradados por microorganismos mediante -- procesos aerobios y anaerobios. Los productos líquidos de dichas degradaciones (por ejemplo ácidos orgánicos) incrementan la actividad química. Los desechos de alimentos se degradan con cierta facilidad, mientras que otros materiales como plásticos, hule, vidrio y algunos materiales de demolición, son altamente resistentes a la descomposición. La degradación se ve afectada por diversos factores como el carácter heterogéneo de los desechos, sus propiedades físicas, químicas y biológicas, la disponibilidad de oxígeno y humedad, la temperatura y población microbiana.

Inicialmente los desechos sufren una degradación -- aerobia, pero al irse agotando el oxígeno aparecen microorganismos anaerobios, los cuales producen metano, que es un gas incoloro e inodoro. La actividad de estos microorganismos -- provoca aumentos en la temperatura, que puede llegar a elevarse hasta 70°C. Los productos típicos de una descomposición anaerobia son: metano, CO₂, H₂O, ácidos orgánicos, nitrógeno, amoníaco y sulfuros de fierro, manganeso e hidrógeno.

5.2. DESCOMPOSICION AEROBIA

Cuando la materia orgánica es descompuesta biológicamente en presencia de oxígeno, el proceso se llama aerobio en este proceso, los microorganismos que utilizan oxígeno para sus funciones, se alimentan de la materia orgánica y desarrollan protoplasma celular a partir del nitrógeno, fósforo, algo de carbono y otros nutrientes contenidos en ella. La mayor parte del carbono sirve como fuente de energía, es consumido y después liberado en forma de CO_2 . Debido a que este elemento sirve como fuente de energía y a la formación de protoplasma celular, se requiere más cantidad de él que de nitrógeno.

La descomposición aeróbica de los desechos sólidos es un proceso exotérmico debido a la presencia y actividad de microorganismos, ya que, constituyen un compuesto orgánico mineral sumamente complejo que contiene una gran variedad de gérmenes vivos y todas las sustancias necesarias para su alimentación y crecimiento. Los desechos sólidos contienen una gran cantidad de bacterias, hongos, protozoarios, coliformes, así como, larvas y huevecillos de parásitos, cuya destrucción se consigue a altas temperaturas. En una forma general puede compararse con el fenómeno de la respiración, se absorbe oxígeno y se desprende gas carbónico, favoreciéndose el metabolismo de ciertos elementos con liberación de calor, que se traduce en un incremento de la temperatura.

5.3. DESCOMPOSICION ANAEROBICA

Este tipo de descomposición es más lenta que la anterior y menos eficiente, resulta de la oxidación de la materia orgánica en ausencia de aire a humus, minerales y CO_2 . La descomposición anaeróbica presenta bajas temperaturas y -- producción de olores molestos por la liberación de sulfuros y mercaptanos. En este mismo proceso los microorganismos anaeróbicos producen gas CH_4 .

Existe otra clasificación de la descomposición de la basura basada en la temperatura, las cuales se conocen -- como descomposición termófila y descomposición mesófila.

5.4. DESCOMPOSICION TERMOPILA

Se efectúa favorablemente cuando se alcanza una temperatura mayor que la del cuerpo humano ($50-70^\circ\text{C}$), -- por medio de microorganismos llamados termófilos.

5.5. DESCOMPOSICION MESOFILA

Ocurre comunmente en la naturaleza a temperaturas ambientales o un poco superiores, y es producida por microorganismos llamados mesófilos.

5.6. ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DE LA DESCOMPOSICION DE LA BASURA

La basura, normalmente contiene gran número de diferentes tipos de bacterias, hongos, mohos y otros organismos. Existen pocos datos acerca de la variedad de microorganismos.

nismos de la basura y sus funciones específicas. Se ha visto que no se puede comparar la acción de un solo tipo de microorganismo, no importa que tan activo sea, con una población mezclada de ellos para lograr una descomposición rápida. Aunque se requieren diferentes tipos de microorganismos para la descomposición de diferentes materiales, la variedad necesaria generalmente está presente y prosperan cuando las condiciones del medio son satisfactorias. Durante la descomposición se registran marcados cambios en la naturaleza y abundancia de la población de microorganismos. Algunas de las especies se multiplican rápidamente al principio, pero decaen a medida que cambia el medio y otros organismos, están en condiciones de prosperar. La temperatura y los cambios en el suministro de alimento, probablemente ejerzan la influencia -- más grande en la determinación de los organismos que forman la población en un momento dado.

La transformación aerobia es un proceso dinámico -- en el cual el trabajo es hecho por las actividades, combinadas de una extensa sugestión de poblaciones mezcladas de bacterias, hongos, actinomicetos, cada una adaptada a un ambiente particular de duración relativamente limitada y cada una siendo la más activa en la descomposición de algún tipo particular de materia orgánica, complementandose entre sí las actividades de cada grupo. La mezcla de poblaciones va de acuerdo a los ambientes complejos proporcionados por la naturaleza heterogénea de los materiales transformables. La sucesión de poblaciones refleja los cambios constantes que esta sufriendo el medio. Los cambios en el sustrato son a causa de un estado de rompimiento de sustancias alimenticias --

complejas a compuestos más simples.

Las bacterias mesófilas son una característica predominante al principio del proceso fermentativo, pero rápidamente dan lugar a las bacterias termófilas, las cuales habitan los lugares donde la temperatura es satisfactoria. Los hongos termófilos generalmente aparecen poco antes de las últimas etapas de la fermentación cuando la temperatura empieza a descender. Los actinomicetos son notorios en las etapas finales.

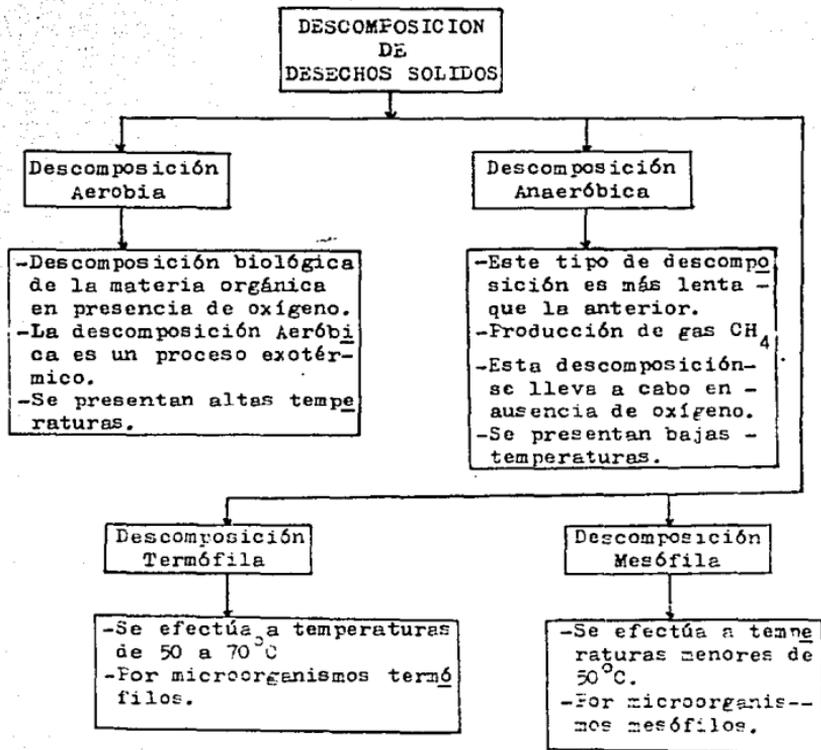
No es muy importante señalar el papel que juegan los grupos de organismos o los organismos específicos en la descomposición de los diferentes materiales. Sin embargo, varios investigadores han mostrado que muchos tipos diferentes de bacterias termófilas aparentemente juegan un papel principal en la descomposición de proteínas y de otras sustancias orgánicas fácilmente degradables y solamente parecen actuar durante las primeras etapas de actividad intensa cuando la temperatura ha alcanzado 60 ó 70°C y suceden los cambios principales en el medio. Carlie y Norman notaron que las bacterias constituían la flora activa en todos sus experimentos de flora mixta.

La destrucción de los gérmenes patógenos durante la fermentación es un aspecto muy importante, sobre todo si el material está altamente contaminado. Se han hecho experimentos sobre éste punto. Sin embargo, han demostrado que la descomposición aerobia a altas temperaturas es efectiva para la destrucción de los microorganismos.

Un diagrama esquemático del proceso de descomposición de la basura se presenta en la figura No. 10 (25).

A continuación, se presenta un cuadro sinóptico (cuadro No. 5), en cual se puede apreciar la Descomposición de los Desechos Sólidos.

CUADRO No. 5



CAPITULO VI

VI. METODOS DE DISPOSICION FINAL

6.1. INTRODUCCION

En este capítulo se analizará el problema principal que origina la generación de desechos sólidos, este problema consiste en que hacer con la basura generada, o sea la disposición final que se le debe dar a estos desechos sólidos.

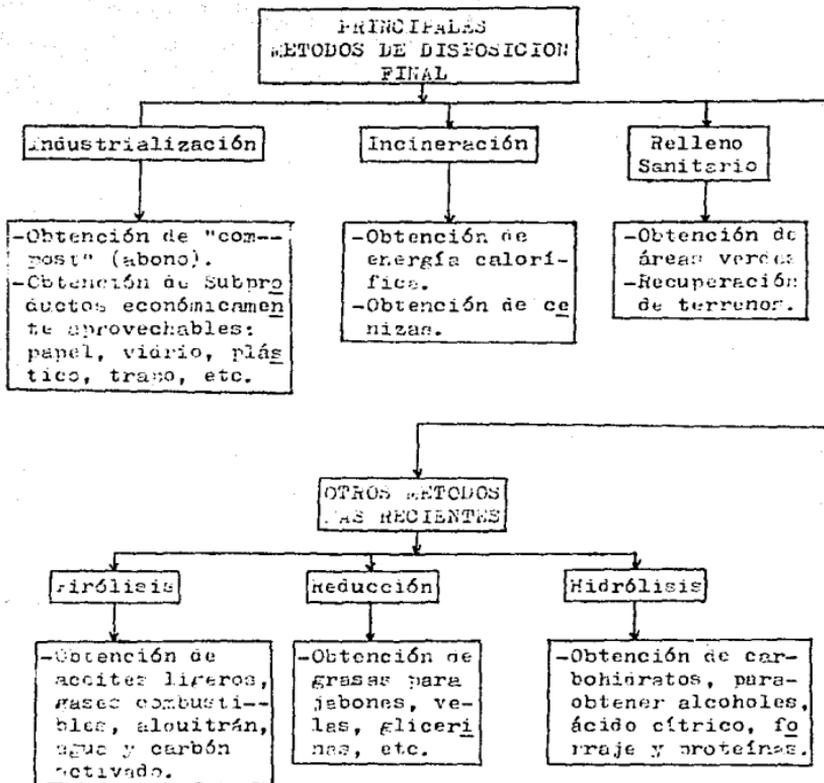
Actualmente los métodos de disposición final considerados como básicos son tres: La Fabricación de "Compost" por medio de la fermentación o digestión bacteriana, La Incineración y El Relleno Sanitario. Además existen otros métodos más recientes, algunos de los cuales todavía están en experimentación en algunos países desarrollados los cuales se mencionaran en este mismo capítulo.

En el cuadro sinóptico No. 6, se muestran los principales Métodos de Disposición Final.

6.2. FABRICACION DE "COMPOST"

La palabra "compost" esta en inglés y significa en español "mantillo, abono, estiércol". El método para obtener "compost" en términos generales se define como la descomposición biológica o degradación bioquímica de la materia orgánica para obtener un humus estabilizado, que puede ser utilizado para mejorar los suelos dedicados a la agricultura.

CUADRO No. 6



Su Obtención o Fabricación.- Existen dos métodos fundamentales para obtener el compost, los cuales son:

a) La Fermentación Lenta Natural. Esta consiste en que después de molido y eventualmente regado con agua, se coloca el producto en forma de pirámide con una altura de dos metros sobre el área de fermentación. Durante el primer mes debe removerse cada 10 días aproximadamente y una sola vez al mes durante los dos meses siguientes, aunque a veces se requiere mayor cantidad de volteos. Después de cada volteo se puede constatar una elevación de temperatura provocada por la aceleración de la degradación aeróbica y termofílica de la materia orgánica, por acción de los mismos microorganismos. Si las pirámides o montones no se mueven, se producirá una fermentación anaerobia, poco calorífica y con emanación de malos olores. Transcurridos -- tres meses, la fase activa de la fermentación está determinada y queda solamente esperar la maduración.

b) La Fermentación Acelerada. En este caso el producto triturado se almacena en torres, silos, cilindros o células, añadiéndole agua e inyectándole aire, o también se pone en movimiento el producto. Con éste proceso se reduce la fase de fermentación a 15 días, y tiene la ventaja de favorecer la oxidación de los compuestos orgánicos, controlar mejor la fermentación y evitar contactos exteriores con insectos o roedores, destruyéndose mejor las bacterias patógenas al mantenerse mejor la temperatura.

Es evidente que el segundo sistema es más perfecto, en general cualquiera de los procesos usados actualmente para obtener "compost", consiste en 3 operaciones básicas: preparación del desperdicio o desecho, proceso de fermentación y terminación o acabado final del producto.

1.- Preparación de los Desechos: la preparación de los desperdicios consiste en recibir, clasificar, separar, moler (pulverizar) y añadir agua.

En cualquier planta de fabricación de composta se debe hacer una clasificación manual o mecánica de todo el material que entra al proceso. Esto se debe hacer puesto que la basura doméstica tiene ciertos materiales que pueden interferir y perjudicar operaciones posteriores dentro del proceso, y se tienen -- que eliminar antes de que esto ocurra. Los materiales que se separan son los siguientes: papel, vidrio, plástico, trapo, huile, hueso, cartón, etc. De una banda transportadora en movimiento lento llamada "banda de selección de subproductos" y posteriormente la separación magnética de material ferroso contenido en la basura. Esta operación también se hace para la venta y obtención de ingresos adicionales, esto es, muchos residuos pueden reintegrarse nuevamente a la obtención del mismo y otros productos mediante el reciclaje.

El siguiente paso consiste en pulverizar los desechos para homogenizar su tamaño. La molienda puede ser efectuada con diferentes sistemas de trituración, pero lo más recomendable es usar un molino de martillos lo suficientemente grande para que toda la basura que llega en el día, alcance hacer molida.

Posteriormente el material se humedece si así se requiere.

2.- Procesos de Fermentación: el siguiente paso es la fermentación a la materia orgánica que como hemos dicho existen dos métodos para conseguirla, esto es, por medio de una fermentación natural lenta aplicando ciertos sistemas de operación o usando medios mecánicos para conseguir una fermentación acelerada. A continuación veremos algunos métodos mecánicos --

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

que se utilizan para acelerar el proceso de la fermentación:

a) Sistema Fairfield. Existe una planta que usa este -- sistema en Altona, Pensilvania U.S.A., que procesa aproximadamente 25 toneladas diarias de desechos separados. Estos son separados con anterioridad por lo cual los desechos orgánicos y los demás desechos son recolectados por separado. Con esto se substituye la separación manual; el material entregado pasa directo al triturador de martillos, lo cual no es necesario las bandas de selección previas. Después de la molienda inicial una secundaria se realiza; en esta unidad se le aplica aguas negras a los desechos para incrementar la humedad y enriquecer el material para la operación final. Después de ser pasado por agua el material, pasa por una barra pantalla que elimina plásticos, hojalata y otros artículos.

El material pasa por una prensa para que se reduzca la humedad al 55% y después se deposita a un asimilador circular, en donde es inyectado aire para mantener una mezcla aeróbica (o con ambiente propicio), diferentes cantidades de aire pueden estar soplando a varias secciones del asimilador. Se agita el desperdicio por medio de un brazo revolvedor que esta en continuo movimiento para mezclar todo el material e inmediatamente licúa la humedad que contiene la mezcla.

Después de 5 días de asimilación el material es quitado y curado en campos al aire libre por aproximadamente 3 semanas. El material procesado y curado es humedecido con una suspensión almidonada, granulado y secado. Con esto se acelera el proceso ahorrando unos 60 días a la duración de la fermentación, el -- sistema tiene una principal desventaja en los costos del asimilador, que son relativamente altos, ya que la agitación debe --

ser continua, además la planta requiere de una nueva y complicada construcción de un tanque asimilador adicional.

Tanques Digestores.

b) Tanques Digestores A. Crane: es una unidad de 3 pisos, con mecanismo de agitación y aireación independientes para cada nivel. Se ha previsto la introducción de una cantidad de productos terminados en cada piso para que sirva de semilla y el aumento de la aireación mediante aire a presión y ventiladores.

c) Tanques Digestores EARP-THOMAS: es un cilindro vertical de 8 pisos, el material se agita y aira mediante unas paletas montadas en unos brazos giratorios y a su vez están colocados en un eje vertical central, ver figuras No. 11 y 12.

d) Tanques Digestores DANO: el uso de este tanque está muy extendido en Europa, el cual consiste en un cilindro horizontal que gira lentamente, y en este se mantienen encerrados los materiales de uno a cinco días, el tratamiento se terminamontonando los materiales (volteandolos o no) durante un tiempo de dos a cuatro meses, ver figuras No. 13 y 14.

e) Sistema de Montones Modificados: consiste en formar montones de material triturado como en el caso del sistema de fermentación natural, pero con la diferencia de que en este método se utiliza parte del producto final del tratamiento como semilla, se inyecta aire a presión y se efectúan volteos y trituraciones periódicamente, lo que hace de este método, un sistema más eficaz que exige aproximadamente la mitad del tiempo que el tratamiento en montones ordinarios (fermentación lenta) Con el método modificado el material se puede acopiar en largos montones de 1.20m. a 1.85m. de alto y de 2.40m. a 2.70m. -

de ancho, y se puede inyectar en él cantidades controladas de aire a presión de varias formas.

f) Sistema de Tratamiento Bacteriológico Sobre Superficies: este sistema se suele confundir con el de montones modificado pero son dos tipos de procesos diferentes. En este sistema bacteriológico sobre superficies, el material se aplica con una altura uniforme sobre unas superficies o plataformas grandes y bien definidas, por debajo de las cuales se distribuyen cantidades controladas de aire que pasa por unos conductos a través del suelo poroso y arenoso, a lo que es preferente un suelo poroso de diseño especial. Puede utilizarse la siembra de pequeñas cantidades de productos terminados y suelen voltearse los residuos.

Cuando se hacen estas dos cosas, el proceso sólo tarda de 10 a 14 días.

La diferencia esencial entre estos dos sistemas es que el bacteriológico sobre superficies exige una extensión superficial (un área de terreno) de solamente la tercera parte de la que exige el tratamiento por montones.

g) Proceso INDORE: este proceso es de Sir Albert Howard y se conoce con ese nombre por la región en que se desarrolló, consiste en depositar residuos orgánicos como paja, hojas, etc en un pozo o trinchera de 60 a 90cm. de profundidad o en montones al aire libre de 1.5m de altura en capas alternas con haces de letrinas, fangos cloacales o estiércol.

Esta masa se voltea dos veces en un período de 6 meses y se mantiene húmeda en aguas residuales para después utilizar el producto como abono, ver figura No. 15.

En la actualidad en algunas partes del mundo, este método se

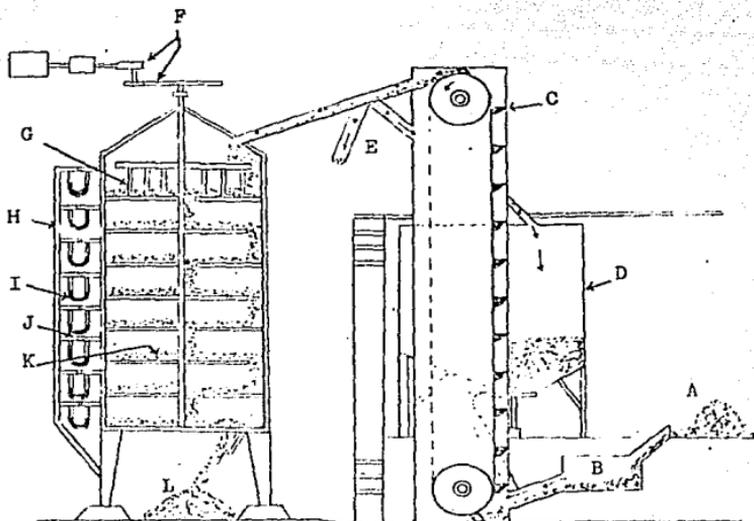


Fig. No. 11 Diagrama de un "Digester" Earp - Thomas.
De una planta de "compost", en Lansing Mich.

- A = Basura
- B = Molino
- C = Transportador de Cangilones
- D = Tanque de Almacenamiento
- E = By - Pass
- F = Mecanismo Rotatorio
- G = Brazos Giratorios
- H = Tubo de Ventilación
- I = Manómetro
- J = Placa de Orificio
- K = Cubierta
- L = "Compost"

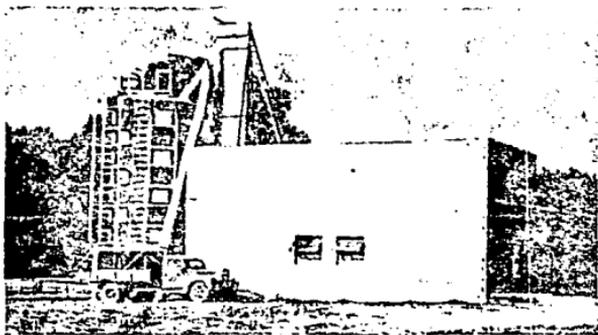
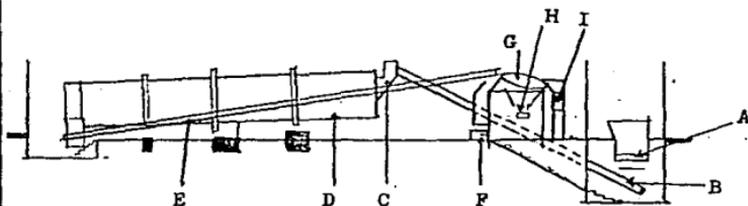


Fig. No. 12 Planta de "Compost", Tipo
Earp-Thomas

Fig. No. 13 Diagrama de una planta de "compost" Dano
"bioestabilizador" en Ediburgo Escocia.



- A = Tolva de Recepción
- B = Transportador para Basura Cruda
- C = Alimentación de Material al Bioestabilizador
- D = Bioestabilizador
- E = Banda Transportadora para el Material de Bioestabilizador
- F = Tolva y Equipo para Latas y Metal Ferroso
- G = Criba
- H = Banda para Transportar "Compost" Cribado
- I = Conducto para Desechos de la Criba

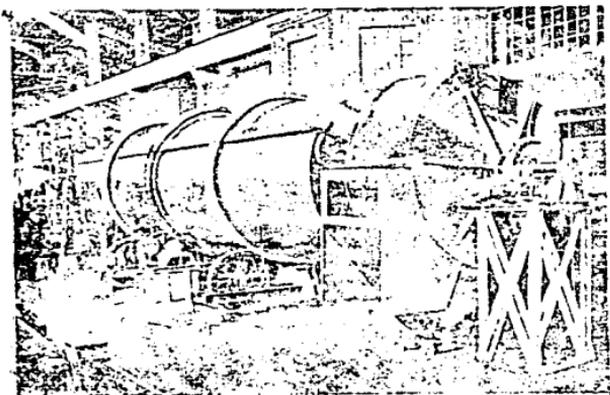
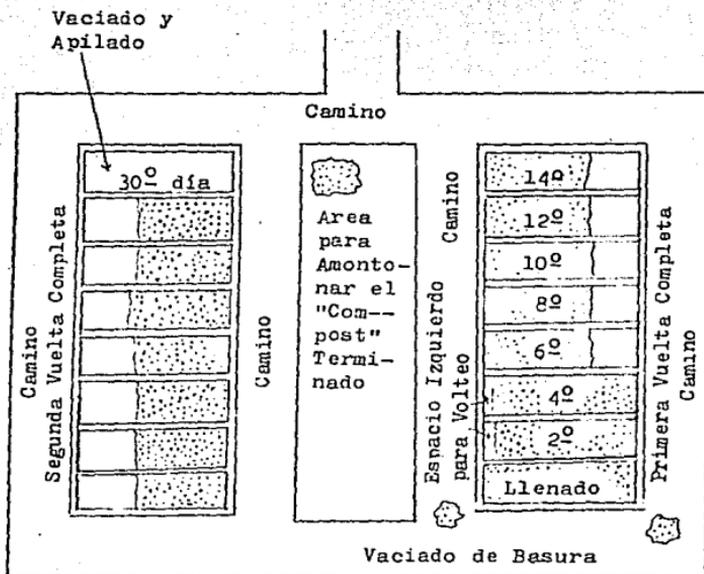


Fig. No.14 Bio-estabilizador "Dano"

Fig. No. 15 Disposición de "Compost" Usando el Método
INDORE



sigue usando, con algunas modificaciones para mejorarlo, principalmente efectuando mayores volteos para acelerar la acción aerobia y mitigar los malos olores.

3.- Terminación o Acabado Final del Producto: Este último paso consiste en dar el acabado final al producto obtenido "compost".

Primero se deja por espacio de 60 días en el campo de maduración, donde se lleva un control de cada pila de material, chequeando su temperatura y humedad, siendo a veces necesario efectuar un curado del material.

Después, una vez contemplado su ciclo de degradación total, el material es sometido a una molienda fina, para obtener un producto más fino y de mayor calidad.

En algunos países europeos los agricultores exigen cada vez -- más un "compost" de mayor calidad, más limpio y de mejor aspecto; por ejemplo, en Francia es obligatorio fabricar "compost" con malla máxima de 35mm en la molienda gruesa y algunos fabricantes trabajan con mallas más finas, aún hasta 20mm. En la molienda gruesa y de 3mm en la molienda fina; de este modo se -- elimina un porcentaje mayor de plástico logrando un producto -- más presentable y de mayor calidad.

Propiedades y Usos del "Compost".

El "compost" es un compuesto orgánico hecho con productos que han tenido su origen en el suelo y que al unificarse mediante un proceso acelerado de descomposición bacteriana da como resultado un mejorador orgánico de suelos, cuyo valor energético y nutritivo es superior a cualquier estiércol. A -- continuación en la tabla No. 6 se muestra la comparación con -- los diferentes estiércoles más comunes y el "compost".

TABLA No. 6

	RES	CABALLO	CERDO	POLLO	"COMPOST"
Pósforo	0.29	0.27	0.46	0.48	0.70
Nitrógeno	0.53	0.55	0.63	0.89	1.20
Calcio	0.40	0.38	0.27	0.53	8.10
Potasio	0.48	0.57	0.41	0.83	1.20
Materia Orgánica	16.74	27.06	15.50	30.70	36.38

-Los datos anteriores están dados en porcentajes. (26).

Las Propiedades Físicas del "Compost" son:

- a) Facilita las labores de cultivo
- b) Aumenta la cohesión en las arenas
- c) Disminuye la cohesión de las arcillas
- d) Aumenta la retención del agua
- e) Calienta las tierras

Las Propiedades Químicas del "Compost" son:

- a) Mayor poder absorbente
- b) Facilita la retención de potasa y amoníaco
- c) Formación de sales orgánicas más asimilables

A las propiedades físicas y químicas hay que añadir la propiedad biológica de incorporar al suelo millones de microorganismos que producen reacciones benéficas en el suelo.

El "compost" está compuesto por las siguientes sustancias químicas: carbono, humus, materia orgánica, fósforo, potasio y calcio. El humus esta presente en un 6.3% aproximadamente.

Usos del "Compost":

El "compost" tiene un gran campo de aplicación, a continuación se mencionan las experiencias de los campos abonados con "compost".

- En Holanda las zonas forestales abonadas con "compost" obtuvieron un crecimiento apreciable de los árboles, mientras-

que aquellos otros tratados únicamente con abonos minerales, - no revelaron ninguna mejora.

- En los viñedos de Francia después de 10 años de experiencia han demostrado que los viñedos abonados con "compost", - no sólo se ha obtenido un aumento en rendimiento, sino que disminuyó considerablemente la erosión del terreno, respecto a -- las parcelas abonadas con estiércol.

- En Alemania en árboles frutales, 5 años de experiencia han probado el valor del "compost" para mejorar el crecimiento de las raíces y aumentar el rendimiento y calidad de los - frutos.

- En Corea el uso del "compost" ha evitado la creciente acidificación de los suelos, lo que se ha traducido en una mejora en los rendimientos de las cosechas.

- En España han podido constatarse algunos resultados de la aplicación de "compost" en los suelos. En maíz se obtiene más rendimiento en grano, así como pesos medios por mazorca, - claramente superiores; se obtuvieron mejores rendimientos en g azúcar para la remolacha azucarera; en las parcelas abonadas -- con "compost" iguales resultados satisfactorios se encuentran en cultivo de tomate y trigo.

Breve Descripción de los Principales Subproductos. -

Entre los materiales de la basura, cuyo valor en el mercado -- los hace susceptibles de recuperación se tienen los siguientes

Materiales Ferrosos: la mayor parte está constituida por latas vacías; lo utilizan dos tipos de industrias: la del beneficio del estaño y la de fundición de acero, como chatarra la segunda exige que la lata sea quemada previamente para quitarle la suciedad, el latón, pintura y otros materiales no fe-

rosos.

Trapo: se utiliza en varias formas según la calidad; en algunos lugares se selecciona en algodón y otros para utilizarse en industrias específicas. En otros se usa para la producción de estopa o borra para rellenos de colchones.

Cartón: se utiliza en fábricas de papel y cartón; -- por su alto valor es recuperado por el personal de limpia.

Papel: este material tal como se obtiene de la basura, sólo se utiliza para la producción de papel corriente o para cartón, debido fundamentalmente a la mezcla de diferentes tipos de papel y a las tintas con que vienen impresos. Si se somete al material a una clasificación posterior se podría obtener un precio mejor en el mercado.

Vidrio: el vidrio puede clasificarse de 3 formas diferentes, cada una con su respectivo precio en el mercado, la primera y la de mayor valor es la formada por botellas enteras la segunda es el vidrio blanco (incoloro), y la última la constituye el vidrio de color (verde y ambar).

Las botellas son compradas por las embotelladoras para usarlas después de un lavado apropiado. El vidrio como pedacaría la -- compran las vidrieras para reintegrarlo al proceso como materia prima según su color.

Hueso: este material tiene una demanda como alimento para ganado, cuando se comete a una pulverización, debido a su gran contenido de calcio y fósforo.

Elásticos: Los plásticos están constituidos por polímeros, plastificadores, estabilizadores, lubricantes, colorantes y otros aditivos. Los plastificadores son ésteres de alto peso molecular cuya función es darle al producto la flexibili-

dad deseada. Existen dos tipos de plásticos los cuales son los siguientes: termoplásticos y los termofijos.

El termoplástico es el único que tiene valor comercial, ya que se puede volver a fundir.

El termofijo no se puede reintegrar al proceso debido a los gases que despiden al tratar de fundirlo.

En la fabricación del "compost" se presentan ciertas ventajas y desventajas.

Ventajas:

- a) Genera una fuente de trabajo.
- b) Permite la recuperación de gran cantidad de los subproductos presentes en las basuras contribuyendo así a la conservación de los recursos naturales.
- c) Se obtiene un producto que puede coadyuvar en la solución de los problemas de fertilización y por lo tanto de la producción de alimentos.
- d) Ayuda a resolver los problemas de disposición y contaminación ocasionados por las basuras urbanas.
- e) Los ingresos obtenidos por la venta de los productos obtenidos en la planta, pueden llegar a subsanar las erogaciones ocasionadas por la inversión, así como en los gastos de operación y mantenimiento.

Desventajas:

- a) Requiere grandes inversiones.
- b) Costos elevados de operación y mantenimiento.
- c) Procesa solamente una parte de las basuras.
- d) Se necesita grandes extensiones de terreno.
- e) Requiere usar métodos complementarios como son la incineración y el relleno sanitario.

El procedimiento que se sigue para la obtención del "COMPOST" y la separación de los Subproductos (Proceso Buller: Fermentación al Natural), se describe en los párrafos siguientes:

a) Recepción.

Para efectos de control y suministro correcto de desechos a la planta se cuenta con una Caseta con dos Básculas - del tipo puente, de 30 y 50 toneladas, donde se pesan los Camiones al llegar a la planta.

Una vez pesados los camiones, vierten su contenido - en la Tolva de Recepción. Posteriormente los desechos que fueron depositados en la tolva de recepción se transportan a las Tolvas de Alimentación por medio de una Grúa Tipo Almeja cuya operación es electrohidráulica. En las tolvas de alimentación se depositan los desechos para iniciar el proceso y poder alimentar en forma eficiente los equipos subsecuentes. De dichas tolvas y por medio de un Transportador de Tablillas se llevan los desechos hasta la Banda de Clasificación; este transportador cuenta con un moto-variador a fin de poder regular la cantidad de alimentación.

b) Clasificación.

La banda de clasificación es una banda transportadora del tipo borde, cuya velocidad está calculada de tal forma que los clasificadores que se encuentran en ambos lados de la-

banda pueden recoger y separar los subproductos en forma eficaz.

A lo largo de la banda y a ambos lados se encuentran ubicadas tolvas de separación en las cuales se depositan los subproductos clasificados.

La banda de clasificación tiene distribuidos a lo largo dos botones de emergencia, para que en caso necesario, cualquier persona pueda detener tanto la banda como el transportador de tablillas, evitando de esta forma un atascamiento en la banda.

La banda de clasificación alimenta a través de una tolva de alimentación a molino casi exclusivamente con materia orgánica, y por la acción de los martillos contra la parrilla, la materia orgánica es triturada. Cuando el molino se encuentra sobrecargado, automáticamente la banda y el transportador de tablillas se detienen por medio de un sistema electromecánico que regula el funcionamiento de la línea.

Del Molino de Martillos, por medio de la Banda Alimentadora de Criba, se pasa la materia orgánica triturada a la criba del cual cae directamente sobre el separador magnético. Este separador es del tipo de tambor, es decir, la materia orgánica pasa por un tambor magnetizado en el cual se quedan adheridas las partículas metálicas que no habían sido separadas anteriormente.

De este separador magnético, la materia orgánica pasa a una Criba Vibratoria en donde se separan todos aquellos productos que no deben ir al "compost", como por ejemplo, las bolsas de polietileno.

El producto entregado por las cribas se reparte uniformemente sobre una Banda Alimentadora de Fuente que lo transporta a un Puente Formador de Pilas que lo conduce hacia el Patio de Fermentación por medio de un Trascabo.

c) Fermentación.

Para la obtención del "compost" se utiliza el método de fermentación aeróbica.

El método para la obtención de "compost" consiste en formar Pilas de materia orgánica. Con la ayuda de un Trascabo se le hacen 8 volteos. El proceso dura 110 días y entre volteo y volteo se aplica agua para bajar la temperatura.

d) Envasado.

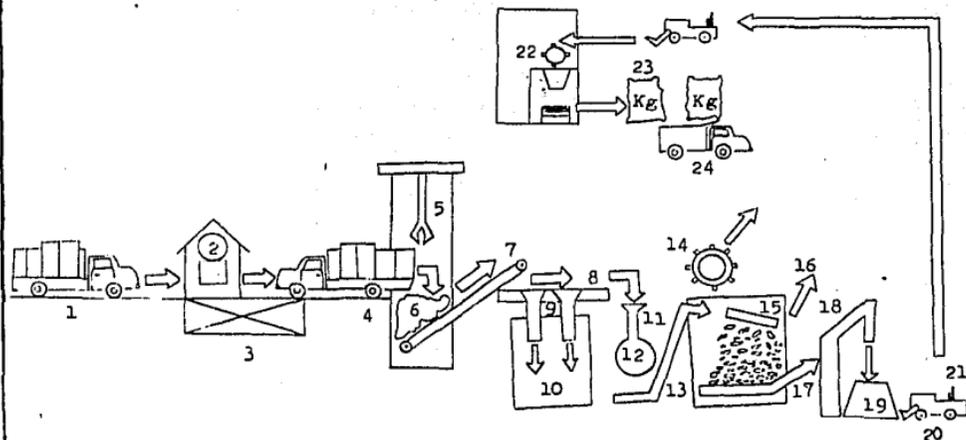
Una vez que se ha terminado el proceso de fermentación, el material es llevado a un Molino donde es triturado -- con el fin de deshacer los terrones y de esta manera obtener un "compost" fino (molienda fina), que es llevado a una Tolva-Dosificadora para el llenado de las bolsas que posteriormente se almacenan.

En la figura No. 16 se presenta el Diagrama de Flujo del Proceso para la obtención de "compost" y separación de sub productos (Proceso Buller: Fermentación al Natural).

A continuación se enlistan los equipos del proceso - (Proceso Buller).

- | | |
|--|---|
| 1.- Camión Recolector. | 17.- Banda Alimentadora de puente. |
| 2.- Caseta de Acceso. | 18.- Fuente Formador de Pilas. |
| 3.- Báscula para Camiones. | 19.- Pila. |
| 4.- Rampa de Acceso a Tolva de Recepción. | 20.- Trascabo para Movimiento de Pilas. |
| 5.- Grúa de Almeja. | 21.- Patio de Fermentación |
| 6.- Tolva de Recepción. | 22.- Molienda Fina. |
| 7.- Transportador de Tablillas. | 23.- Envasado. |
| 8.- Banda de Clasificación. | 24.- Venta a Granel. |
| 9.- Tolva para Subproductos. | |
| 10.- Area de Almacenamiento y Empaque de Subproductos. | |
| 11.- Tolva de Alimentación a Molino. | |
| 12.- Molino de Martillos. | |
| 13.- Banda Alimentadora de Criba. | |
| 14.- Electroimán. | |
| 15.- Criba. | |
| 16.- Banda para Rechazo de Cribado. | |

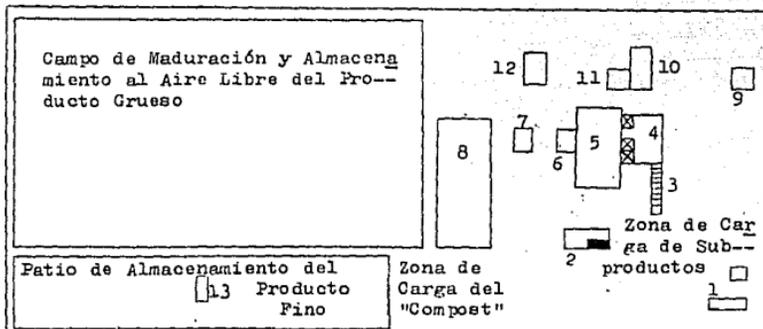
Fig. No. 16 Diagrama de Flujo del Proceso "Buller" (Fermentación Natural)



En las figuras siguientes, se muestra detalladamente el proceso Buller, para la industrialización de los desechos sólidos.

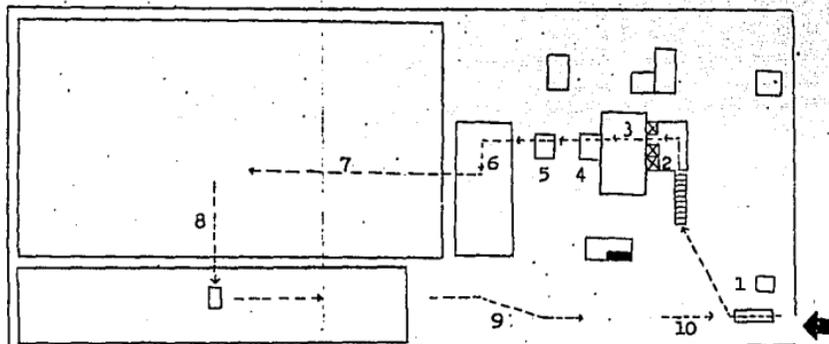
- En la figura No. 17 se muestra la distribución de los edificios y áreas de trabajo de la planta industrializadora de desechos sólidos.
- En la figura No. 18 se presenta el flujo del producto.
- En la figura No. 19 se ilustra la distribución del equipo en el área de trabajo.
- En la figura No. 20 se observa el detalle en corte de la banda para selección de subproductos.
- En la figura No. 21 se muestra el corte del flujo de proceso.
- En la figura No. 22 se presenta el corte longitudinal del edificio de cribado grueso.
- En la figura No. 23 se ilustra el edificio de cribado grueso.
- Finalmente en la figura No. 24 se observa el edificio de lamolienda y cribado fino.

Fig. No. 17 Distribución de los Edificios y Areas de Trabajo



- | | |
|---|--|
| 1.- Bascula y Caseta de Recepción | 8.- Area de Patio de Fermentación |
| 2.- Oficinas | 9.- Estación Subeléctrica |
| 3.- Rampa de Acceso a Fosas de Recepción | 10.- Taller y Bodega |
| 4.- Fosa de Recepción | 11.- Baños de Empleados |
| 5.- Edificio de Selección y Almacén de Subproductos | 12.- Laboratorios |
| 6.- Edificio de Molienda Gruesa | 13.- Edificio de Molienda y Cribado Fino |
| 7.- Edificio de Cribado Grueso | |

Fig. No. 18 Flujo del Producto



- 1.- Entrada de Materia Prima (basura)
 - 2.- Recepción en Fosas
 - 3.- Preparación del Material
 - 4.- Molido Grueso
 - 5.- Cribado Grueso
 - 6.- Prefermentación
 - 7.- Maduración
 - 8.- Molienda Fina
 - 9.- Carga y Venta
 - 10.- Pesaje y Salida del Producto Terminado
- Línea de Flujo

Fig. No. 19 Distribución de Equipo en el Area de Trabajo

- 1.- Banda Alimentadora
- 2.- Edificio de Molienda Gruesa
- 3.- Trituradora de Martillos
- 4.- Banda Elevadora
- 5.- Banda Horizontal - Receptora de la Materia Orgánica que Pasa el Cribado
- 6.- Banda Horizontal - Receptora del Material de Rechazo que no Paso el Cribado
- 7.- Criba Vibratoria
- 8.- Fosa de Recepción del Material que sí Paso el Cribado
- 9.- Banda Elevadora -- Transportadora de la Materia Orgánica al Patio de Pre fermentación

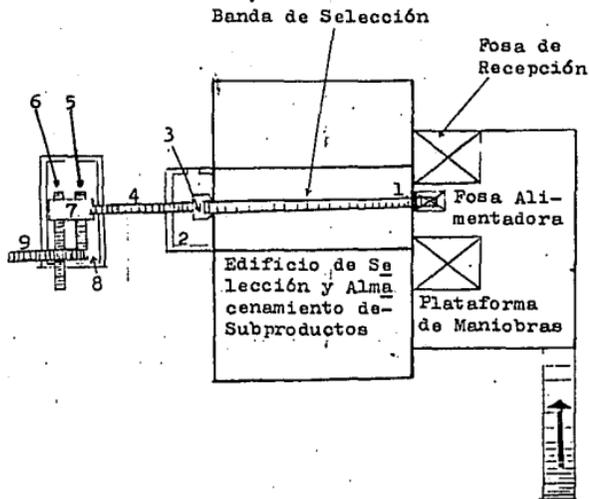
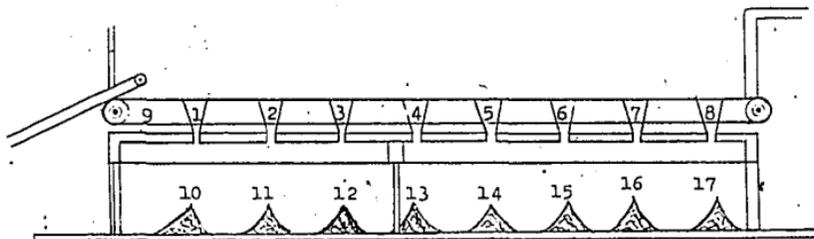
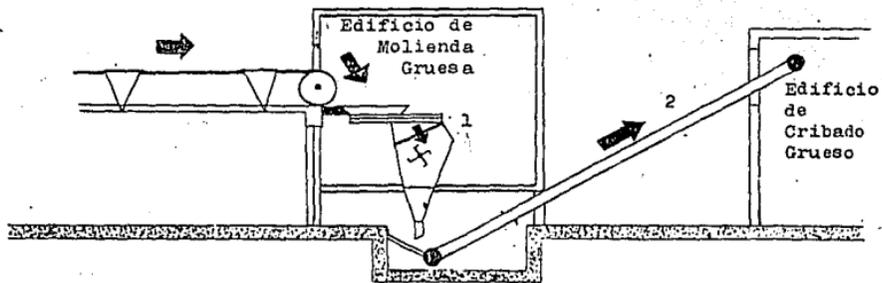


Fig. No. 20: Detalle en Corte de la Banda para Selección de Subproductos



De 1 a 8 Tolvas para Selección de Subproductos Reciclables
9 Banda para Selección de Subproductos
De 10 a 17 Subproductos Reciclables

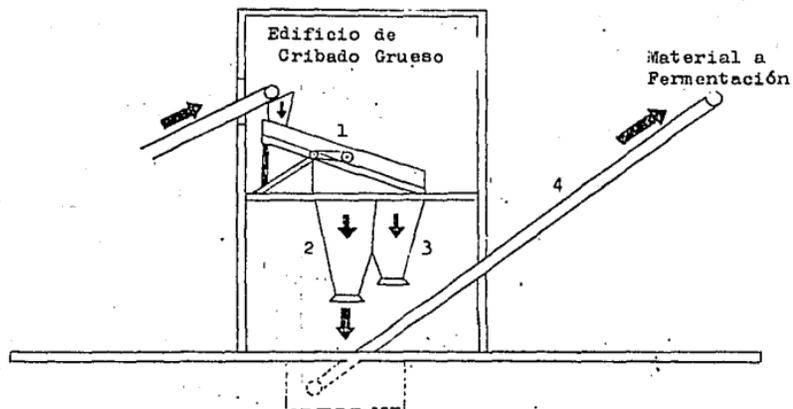
Fig. No.21 Corte del Flujo de Proceso



1.- Trituradora de Martillos

2.- Banda Elevadora

Fig. No. 22 Corte Longitudinal del Edificio de Cribado Grueso



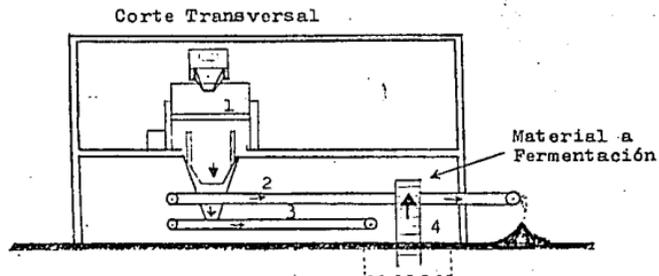
1.- Criba Vibratoria
con Mallas

2.- Banda Transportadora del
Material a Fermentación

3.- Banda Transportadora
de Rechazos

4.- Banda Elevadora

Fig. No. 23 Edificio de Cribado Grueso



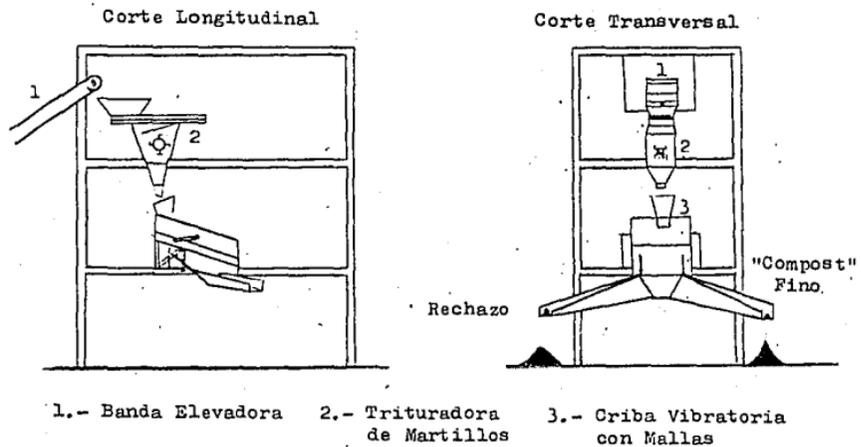
1.- Criba Vibratoria
con Malla

2.- Banda Transportadora
de Rechazos

3.- Banda Transportadora del
material de fermentación

4.- Banda Elevadora

Fig. No.24 Edificio de la Molienda y Cribado Fino



A continuación se mencionan las principales características de los principales equipos utilizados para la industrialización de la basura (producción de "compost").

a) TOLVAS:

Alimentadores (tolvas). El desarrollo de procesos continuos y de máquinas automáticas creó la necesidad de aparatos automáticos de alimentación, conduciendo a una gran variedad de mecanismos alimentadores para sólidos. Los sólidos tienen un carácter tan variable que se han ideado para manipularlos muchos tipos de alimentadores y aparatos auxiliares. al elegir un alimentador para un servicio especial, es necesario estudiar detenidamente el estado físico del material que se de sea alimentar.

Las tolvas vibratorias son ayudas para el flujo consideradas entre las más importantes y versátiles. Se usan para ampliar la abertura de los depósitos de almacenamiento y provocar el flujo al romper los puentes formados por el material. - En la figura No. 25 se muestra este tipo de alimentador. Son comunes dos tipos básicos de tolvas vibratorias: el tipo giratorio, en el que la vibración se aplica perpendicularmente al canal de flujo (figura No. 26) y el tipo de torbellino, que al proporcionar una elevación y una oscilación combinada al material, hace que se rompan los puentes que se forman (fig. No. - 27). Una de las versiones de este tipo de ayuda de flujo es un depósito que vibra u oscila por completo.

Tolva con transportador de banda (figura No. 28) -

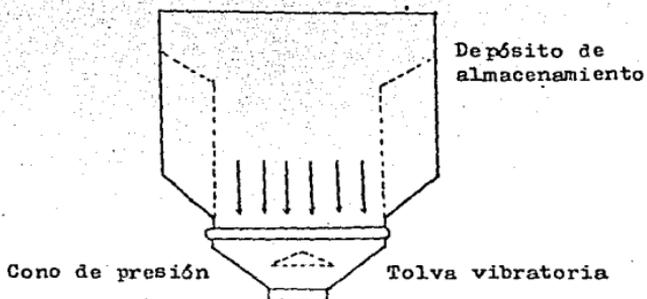


Fig. No. 25 Tolva vibratoria. Ensancha la abertura de almacenamiento y rompe los puentes que forman los materiales.

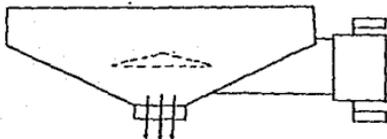


Fig. No. 26 Tolva giratoria. La vibración se aplica perpendicularmente al canal de flujo.

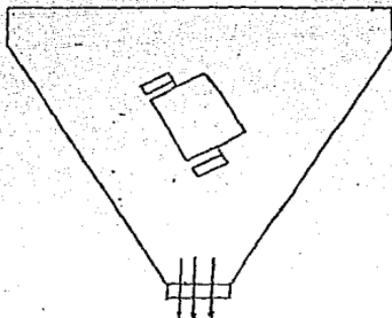


Fig. No. 27 Tolva de remolino. Dos motores montados le dan al material un movimiento de ascenso y descenso.

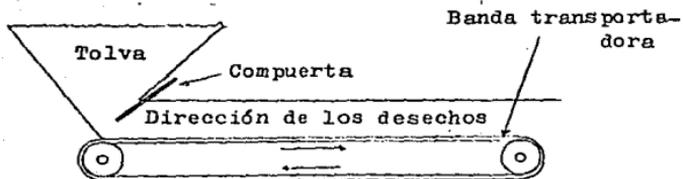


Fig. No. 28 Tolva con transportador de banda.

puede ser cualquiera de los diversos tipos de banda transportadora soportada por rodillos locos.

La capacidad depende del ancho y la velocidad de la banda y de la posición de la compuerta reguladora, siendo este último el procedimiento corriente para regular la alimentación. Se han ideado muchos alimentadores de banda, que son de uso frecuente por que permiten ajustar fácilmente la alimentación en grado suficiente para la mayoría de los fines, proporcionan una alimentación uniforme, permite manipular materiales de tamaño y características muy variadas, se construyen tan anchos o tan largos como se deseen, y pueden llevar el material a distancias considerables desde el punto de alimentación.

b) BANDAS TRANSPORTADORAS:

Los transportadores de banda se utilizan de manera casi universal. Pueden recorrer Km a velocidades de hasta 300 m/min y manejar hasta 5,000 ton/hr.

También pueden funcionar en distancias cortas a velocidades suficientemente lentas para la recolección manual, con una capacidad de sólo unos cuantos Km/hr.

Las pendientes de los transportadores de banda se limitan a un máximo de aproximadamente 30° , y las más comunes se encuentran en la gama de 18 a 20° . Sólo se pueden producir cambios de dirección en el plano vertical de la trayectoria de la banda y se deben diseñar cuidadosamente como curvas verticales o codos relativamente planos. Los transportadores de banda dentro de las plantas pueden tener costos iniciales más elevados que algunos otros tipos de transportadores y, dependiendo del diseño y los rodillos locos, pueden necesitar o no un mayor --

mantenimiento; sin embargo, se puede esperar que un transportador de banda con un buen mantenimiento de rutina, supere a casi todos los demás tipos de transportadores. Así pues, en función del costo por tonelada de materiales manejados, los transportadores de banda han tenido historiales económicos sobresalientes.

El diseño de los transportadores de banda se inicia con el estudio de los materiales que se van a manejar. Puesto que el peso por metro cúbico es un factor muy importante, se debe determinar con precisión con el material en condiciones de manejo. No conviene basarse solamente en las tablas publicadas de pesos por metro cúbico para diversos materiales, puesto que muchas operaciones de elaboración asestarán ese peso, al esponjar o compactar los materiales. También es muy importante el tamaño de los materiales. Para una banda de 24 pulg., los tamaños uniformes de los materiales pueden llegar a 10 cm. Por cada 6 pulg. de aumento en la anchura de la banda el tamaño de los materiales puede aumentar aproximadamente 5 cm. Si el material contiene aproximadamente 90% de partículas finas, el tamaño de los materiales se podrá incrementar en cerca de un 50%; sin embargo, es preciso tener cuidado para mantener el flujo uniforme de los materiales, haciendo que las partículas finas lleguen primeramente a la banda para protegerla de los daños causados por los impactos. Cuanto mayores sean los materiales, tanto más peligro habrá de que se caigan de la banda o rueden hacia atrás en los tramos inclinados.

Cuando la banda corra horizontalmente o tenga sólo ligeras inclinaciones en el punto de alimentación se reducirá al mínimo el problema de la caída de los materiales, sobre todo si se --

tiene un cuidado especial en el diseño de los vertederos de alimentación.

En la figura No. 29 se muestran las disposiciones típicas de rodillos intermedios y soportes de placas de transportadores de banda.

c) MOLINOS:

Se dispone de una gran variedad de máquinas que sólo se diferencian en detalles del diseño o que pueden reunir ventajas y características. Las principales razones de la falta de normalización son la variedad de los productos a moler y las calidades exigidas en los productos, así como la cantidad limitada de datos teóricos útiles sobre la molienda. Además de las propiedades de los materiales, es importante para elegir la maquinaria que haya compensación entre el costo de inversión y el de explotación.

Para guiarse en la elección de la maquinaria a emplear, puede utilizarse como base el tamaño y la dureza del material que se quiere pulverizar.

Se hace una distinción arbitraria entre la trituration y la molienda o pulverización basándose en que los materiales alimentados en forma de terrones de un tamaño de 1,500 a 6 mm deben quebrantarse o triturarse y los de tamaño menor se muelen, pulverizan o desintegran. La trituration primaria y secundaria tienen cada una dos etapas, gruesa y fina. La molienda o la pulverización y la desintegración se diferencian principalmente por la homogeneidad de los materiales manejados.

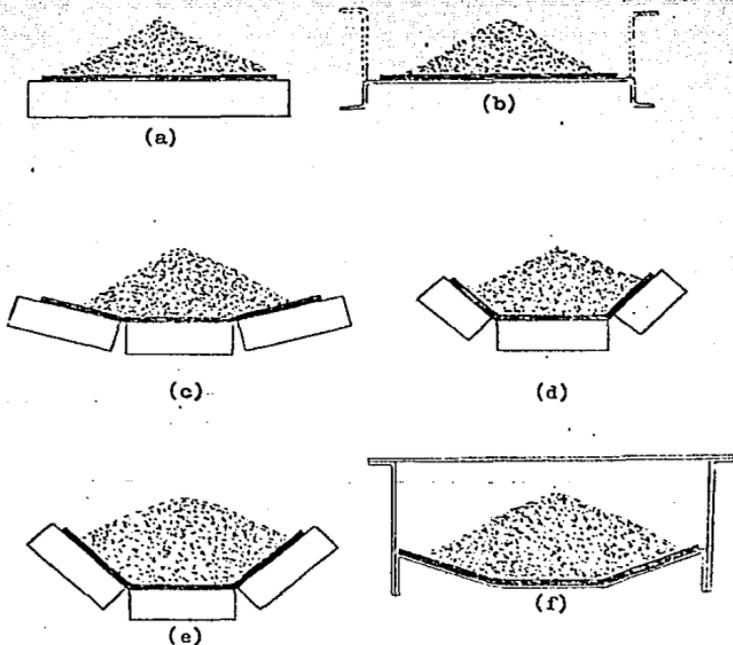


Fig. No. 29 Disposiciones típicas de rodillos intermedios y soportes de placas de transportadores de banda -
 a) Banda plana sobre rodillos planos. b) Banda plana -
 sobre placa continua. c) Banda cóncava sobre rodillos
 intermedios de 20° . d) Banda cóncava sobre soportes a -
 45° , con rodillos de longitudes desiguales. e) Banda -
 cóncava sobre soportes a 45° , con rodillos de la misma
 longitud. f) Banda cóncava sobre placa continua.

Trituradora de martillos (figura No. 30) sirve para triturar. Consiste en martillos pivotados montados sobre un eje horizontal y la trituración tiene lugar por el choque entre dichos martillos y las placas rompedoras. Debajo del rotor puede ponerse una rejilla cilíndrica que retiene el material hasta que alcance un tamaño suficientemente pequeño para pasar entre sus barras. Algunas trituradoras de martillos están construidas simétricamente de modo que puede invertirse el sentido de rotación para distribuir uniformemente el desgaste entre los martillos y las placas rompedoras. El tamaño del producto se regula variando la distancia entre las barras de la rejilla y también alargando o acortando los martillos. La velocidad varía entre 500 y 1,800 rpm, según el tamaño de la máquina.

Molino de martillos (figura No. 31) sirve para pulverizar y desintegrar, trabaja a altas velocidades. El eje del rotor puede ser vertical u horizontal generalmente lo último. El eje lleva martillos, llamados también batidores, de diversas formas, como en T, barras, o anillos fijos o pivotados en el eje o en discos solidarios del eje. El rotor gira en una enuvoltura que contiene placas o revestimientos moledores. La holgura mantenida entre los revestimientos y el rotor es imoportante con respecto a la finura del producto. Una rejilla o criba cilíndrica suele encerrar la totalidad o una parte del rotor. La finura del producto puede regularse cambiando la velocidad del rotor, la intensidad de la alimentación o la distancia entre los martillos y las placas de molienda, o también cambiando el número y el tipo de martillos usados y el tamaño de las aberturas de descarga.

Fig. No. 30 Trituradora de Martillos

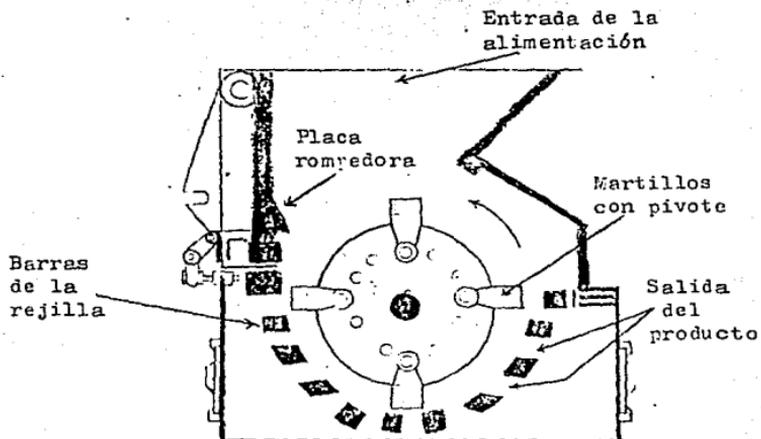
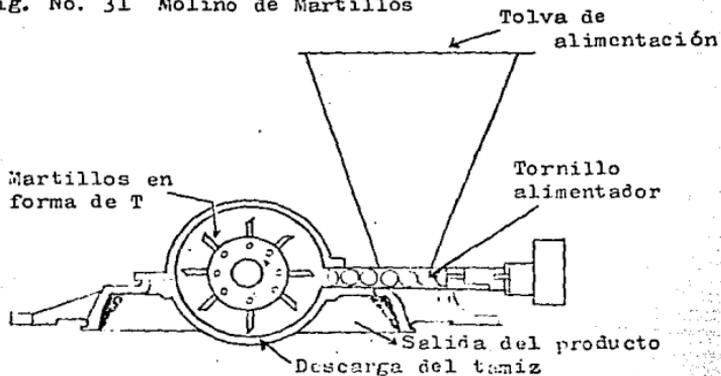


Fig. No. 31 Molino de Martillos



La criba o rejilla de descarga de un molino de martillos sirve como clasificador interno, pero su área limitada no permite su utilización eficaz cuando se necesitan aberturas pequeñas. Para satisfacer las especificaciones críticas de tamaño máximo - en los intervalos de tamaños intermedios, el molino de martillos puede trabajar en circuito cerrado con cribas exteriores de área mayor que la que podría emplearse en el mismo molino. - La criba de descarga del molino tiene aberturas grandes para - retener en la zona de molienda el material cuyo tamaño es exce-
sivo.

La acción pulverizadora es el resultado de los choques y el -- desgaste por fregadura entre los terrones o las partículas del material que se muele y los elementos de molienda.

El molino de martillos se contruye en muchos tipos y tamaños y puede emplearse con una mayor variedad de materiales blandos - que ningún otro tipo de máquina. Puede tomar material de 13 mm y reducirlo a un producto que puede pasar casi por completo -- por un tamiz del número 200. Para producir materiales de tamaño fino, funciona acoplado a clasificadores de aire exteriores

d) CRIBAS:

El cribado o tamizado de la separación por medio de cribas o tamices de una mezcla de granos de diversos tamaños - en dos o más porciones; la separación se efectuará de manera - que los granos de cualquiera de las porciones sean de tamaños- más uniformes que los de la mezcla original.

El material que queda sobre la criba o tamiz dado es de tamaño mayor que las aberturas del mismo y se indica por más (+) del- tamiz; el que pasa es el menor que las aberturas y se indica -

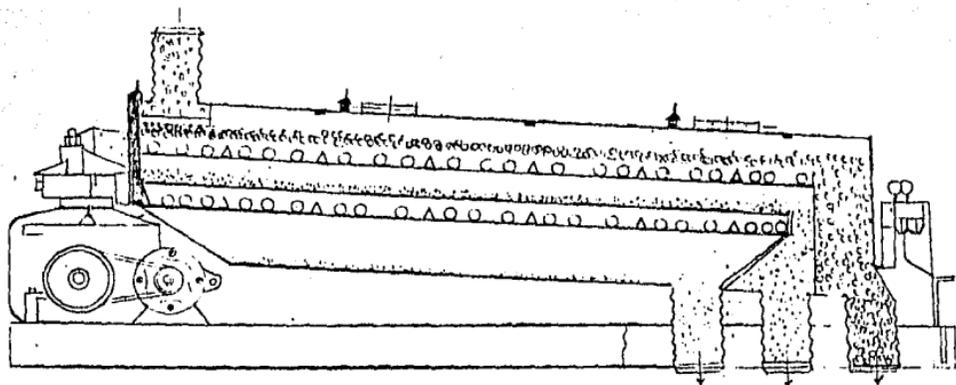
por menos (-) del tamiz.

Las cribas de movimiento alternativo o de vaivén, tienen muchas aplicaciones en trabajos químicos. Una excéntrica - bajo la criba proporciona oscilación, que va de giratoria (aproximadamente 2 pulg. de diámetro), en el extremo de alimentación, hasta un movimiento de vaivén en el de descarga. La frecuencia es de 500 a 600 rpm y, puesto que la criba tiene una inclinación de cerca de 5° , se establece una vibración normal-secundaria de alta amplitud, de aproximadamente 1/10 de pulg. - Se provoca una vibración adicional mediante esferas que saltan sobre la superficie inferior de la tela de la malla.

Estos tamices se usan mucho en E.U. y son equipos estándares - en muchas plantas químicas y de procesamiento, para el manejo de separaciones finas hasta de malla 300. Se emplean para manejar una gran cantidad de productos químicos, por lo común materiales voluminosos, ligeros y secos, polvos metálicos ligeros, alimentos en polvo y materiales granulares. En la fig. No. 38- se muestra una criba de este tipo.

Los equipos anteriormente descritos pueden ser utilizados en las plantas de tratamiento de desechos sólidos (fabricación de "compost"), la selección de estos equipos va a depender de la capacidad de la planta que se quiera instalar, esto se hará tomando en cuenta las características de cada equipo.

Fig. No.32 Criba de Movimiento Alternativo



6.3. INCINERACION

La incineración es un proceso de combustión controlado, consiste en quemar las basuras en incineradores específicamente diseñados para ello, generalmente se realiza una separación previa de los materiales no combustibles. El resto de los residuos se transforman mediante la acción del calor en sustancias más simples como son: vapor de agua, gases, cenizas, generándose energía calorífica y propiciándose una reducción considerable del volumen inicial de las basuras aproximadamente del 80 al 90% de los residuos alimentados.

La incineración es el método teóricamente más higiénico que existe en la eliminación de la basura; por este método no quedan residuos líquidos ni sólidos que presenten problemas sanitarios, ya que se destruye totalmente toda la materia orgánica y por consiguiente, los gérmenes y larvas de insectos existentes en la misma.

Este método es probablemente uno de los más utilizados en el mundo para la disposición final de los desechos sólidos, sin embargo su uso en sistemas adecuados y con equipos de control de las emisiones de contaminantes a la atmósfera sólo se limita a países desarrollados o con alto potencial económico.

Conjuntamente a este proceso se requiere de un rellevo sanitario para la disposición de las cenizas, en caso de no ser utilizadas.

Sin embargo, las plantas de incineración, pueden resultar económicas si se instalan en puntos estratégicos de las grandes ciudades, en donde muchas veces, las distancias de ace

reos fuera de la ciudad son demasiado grandes por no contar -- con lugares apropiados cercanos para la disposición de su basu- ra y por consiguiente, resulta antieconómico el servicio de a- carreo. Además, si las plantas de incineración se proyectan -- cerca de las zonas industriales, se puede dar salida rápida a- los materiales rescatables, o bien, se puede aprovechar la com- bustión para producir vapor de agua y venderse a las industri- as que lo necesiten. De esta manera, se recuperan en parte las inversiones tanto iniciales como de operación de la planta.

En la incineración el manejo de la basura respecto - al almacenamiento domiciliario y recolección, se ejecuta en -- forma común y corriente, teniendo que separar en la planta los materiales incombustibles de tamaño considerable para que no - estorben el proceso y enterrarlos junto con las cenizas que se producen.

Combustión de Desechos Sólidos. - El principio básico de la incineración de desechos sólidos consiste en el fenómeno de combustión, el cual predomina sobre los demás procesos ta- les como el manejo y transportación de desechos, disposición y tratamiento de cenizas residuales, lavado de gases de combusti- ón, etc.

El proceso de combustión es bastante complicado, por lo que una descripción analítica del comportamiento del siste- ma de combustión requiere de las siguientes consideraciones:

- a) Tanto el equilibrio como la cinética de las reacciones quí- micas operan a condiciones no homogéneas, no isotérmicas y sin régimen permanente.
- b) La mecánica de fluidos se presenta en mezclas reaccionantes no isotérmicas, no homogéneas y con liberación de calor que in

volucra flujo laminar, de transición, turbulento, estacionario recirculante y en remolinos contenidos en zonas geométricas -- complejas.

c) La transferencia de calor se realiza por conducción, convección y radiación entre los volúmenes de gas, líquidos y sólidos con grandes flujos de liberación de calor tanto al exterior como a los equipos de recuperación de calor.

Estas consideraciones se tienen que aproximar a la -- idealidad para facilitar el análisis y diseño del sistema de -- combustión.

Cuando la combustión se aplica a la incineración, su complejidad se incrementa por las impredecibles y frecuentes -- variaciones de la composición del desecho, provocando cambios -- en el flujo de liberación de calor y las características de -- combustión tales como la temperatura de ignición y los requere -- rimientos de aire de combustión.

La combustión de residuos en fase sólida tanto como -- líquida es básicamente un proceso que involucra los siguientes -- pasos: transporte de masa y energía y reacción química. De la -- cinética relativa a estos pasos, dependen la velocidad total y -- el éxito del sistema de combustión. La combustión de sólidos -- se lleva a cabo principalmente por una gasificación del mate -- rial seguida por la combustión o reacción química con oxígeno -- de los productos gaseosos.

El material combustible de los desechos está consti -- tuido por una serie de compuestos orgánicos, tales como pape -- les, trapos, cueros, gomas, maderas, huesos, verduras, nastos, -- grasas, aceites, productos del petróleo y otros residuos sim -- lares. Estos compuestos están formados principalmente de cel.

losa y lignito. Las moléculas de cada uno de estos diferentes compuestos contienen una proporción específica de carbono e hidrógeno representando ellos la principal fuente de energía calorífica.

Los tres principales elementos que aportan energía calorífica son: carbono, hidrógeno y azufre. Conocido el calor de combustión de los desechos, la cantidad de la humedad y materia inerte, se puede precisar la energía calorífica disponible. El calor de combustión de los desechos se determina con la bomba calorimétrica. De acuerdo con la experiencia realizada en la Universidad de California, el calor de combustión de los diferentes materiales correspondientes a muestras típicas de desechos varía de 2,190 a 13,600 Kcal/Kg considerando el material seco y libre de sustancias inertes.

Generación de Contaminantes. - Los contaminantes emitidos de los procesos de combustión incluyen partículas inorgánicas, sólidos combustibles, líquidos y gases (materiales carbonizados, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos y otros compuestos especiales con carbono-hidrógeno-oxígeno-nitrógeno-halógeno, todos los cuales son peligrosos agentes contaminantes), así como otros contaminantes químicos cuyo nivel de emisión está relacionado con la química del combustible auxiliar utilizado (óxidos de azufre, cloro, ácido clorhídrico, metales en trazas) y óxido de nitrógeno cuya emisión depende de las interacciones entre el combustible y el sistema de incineración.

Clasificación de los Incineradores. - Existe una clasificación básica de los incineradores en función de a quién prestan el servicio, a saber:

- 1) Incineración Central: el término se aplica al incinerador -

que recibe la basura recolectada de un área controlada por una autoridad, como son: un distrito municipal, una ciudad, un barrio o una zona.

Este método es para eliminar las basuras en forma higiénica y eficaz sin causar molestia alguna siempre y cuando - la instalación municipal cuente con los sistemas adecuados, se encuentre perfectamente construída y sea convenientemente explotada.

El principio de la operación consiste en quemar los desechos sólidos de tal forma que los residuos o productos obtenidos estén esterilizados y que los gases de salida no produzcan contaminación.

El tamaño que requiere tener una planta de incineración municipal de una ciudad cualquiera depende esencialmente de la cantidad de basura generada diariamente. Sin embargo, en la determinación del tamaño se deberá tomar en cuenta los factores siguientes:

- a) La cantidad y clases de desechos a quemar.
- b) Las horas esperadas de funcionamiento
- c) Las exigencias por cargas y las necesidades de equipo de reserva.
- d) Su relación óptima con el sistema de recolección.

El costo de los sistemas de recolección de una ciudad cualquiera es muy grande y el principal problema económico que afronta el municipio año con año es por el servicio de limpia.

Es posible que en ciertos casos la instalación de -- dos o más plantas incineradoras en una ciudad, aunque suponga un costo inicial superior al de una sola instalación, resulten

más convenientes económicamente hablando, puesto que se puede economizar considerablemente el sistema de recolección existente, pues se producirá ahorro en los kilómetros recorridos, en los gastos de consumo y en la necesidad de vehículos recolectores, ya que las distancias por recorrer para disponer de los desechos, se verán reducidas considerablemente al ubicar los sitios de disposición final de los desechos en diferentes puntos de la ciudad.

Ventajas e Inconvenientes de la Incineración Central:

El método de incineración para la eliminación de los desechos sólidos es sumamente caro, los costos varían fundamentalmente en función de lo siguiente:

- a) La peculiaridad del terreno y las condiciones de cimentación.
- b) Los requisitos especiales, incluyendo el equipo de control de la contaminación del aire y la estética.
- c) La diferencia geográfica en costo de mano de obra y materiales.
- d) Hasta que punto tengan que incluirse estructuras por las condiciones meteorológicas y por la necesidad de control de molestias.
- e) Los dispositivos especiales, tales como el equipo de generación de vapor y electricidad, así como el grado de automatización empleado.
- f) El programa de funcionamiento o relación entre el número de horas de funcionamiento de la instalación y su capacidad funcionando 24 hrs.
- g) Las previsiones de aplicación que se hayan hecho.
- h) El tamaño de la instalación.

Ventajas de la Incineración Central:

- a) Un incinerador puede producir residuos de cenizas que contienen insignificantes cantidades de materiales orgánicos, de éste modo está relativamente libre de molestias, siendo éste más aceptable como material de relleno.
- b) Se puede conseguir algunos ingresos por la incineración para compensar parcialmente los costos de operación; el calor disipado puede emplearse para generar vapor o energía eléctrica que puede venderse, los metales separables pueden ser recuperados y vendidos, los residuos pueden tener algún valor con fines de relleno o como materiales de construcción si están bien quemados o reducidos a escorias. Algunas veces puede ser factible el proporcionar servicios de incineración a un grupo de comunidades, a la industria y a recolectores particulares funcionando como instalación pública, en éstos casos es conveniente establecer tarifas que ayuden a contrarrestar los gastos de funcionamiento.

Inconvenientes de la Incineración Central:

- a) La incineración requiere una gran inversión de capital, es de los sistemas de disposición y tratamiento de desechos sólidos el más caro. Los requerimientos para que no produzcan contaminación ambiental, hacen más costosa la inversión, ya que se requiere instalaciones y equipos especiales para ello.
- b) Los costos de operación son relativamente altos, aunque se requiere menor cantidad de empleados que en algunos otros métodos, éstos por ser personal especializado, requieren de mayores sueldos. Los costos de operación y mantenimiento son altos
- c) Se requiere de la supervisión constante y el manejo cuidadoso para funcionar sin peligro a producir contaminación.

2) Incineración Local o "In Situ": el término se aplica a aquel incinerador al servicio de una serie de departamentos, - establecimiento comercial o industrial, hospital, de una institución o de un simple propietario.

El método de quemar las basuras en el lugar que se - generan ofrece muchas ventajas y es muy usado en algunos países por las siguientes razones:

- a) Al eliminar las basuras inmediatamente después de ser producidas se elimina la necesidad de construir instalaciones de almacenamiento, sobre todo en grandes edificios, industrias, comercios, y otros centros donde se generan demasiados desechos
- b) Se evita la presencia de ratas, moscas y el desprendimiento de malos olores.
- c) Al quemar los desechos lo único que quedaría por eliminar - serían las cenizas residuales que son muy pequeñas y los materiales incombustibles que no son muchos y que además no generarían molestias pues no son putrescibles por no ser biodegradables, por lo tanto; es posible establecer un servicio de recolección muy esporádico. Algunos materiales podrían recuperarse como el metal, vidrio y papel para posteriormente, poderlos - vender.

Si se utiliza éste tipo de incineración en toda la - ciudad, se ahorrarían muchos miles de millones de pesos al año en servicios de recolección y tratamiento de basura, por que - se reduciría la cantidad de desechos sólidos por manejar el municipio.

Ahora bien, pese a que son muy atractivas las ventajas que tiene la incineración local no es fácil de implantarse en toda la ciudad sin que se presenten problemas, sobre todo -

de contaminación ya que para que esto no suceda se requiere de un buen manejo y supervisión y esto sería muy difícil de controlar por parte de las autoridades municipales.

Ventajas e Inconvenientes de la Incineración Local:

- a) Se requiere un manejo cuidadoso para evitar la contaminación esto es, algunos de los incineradores existentes deben trabajar a temperaturas demasiado altas para destruir malos olores los olores se deben fundamentalmente a los vapores aceitosos que se queman completamente si las temperaturas de combustión llegan a exceder los 650°C para asegurar la eliminación total del olor es necesario que las temperaturas de incineración estén por encima de los 740°C , para ello es necesario proporcionar los volúmenes adecuados de aire y combustión utilizando su eficiente combustible auxiliar.
- b) La supervisión durante el proceso para evitar molestias, las cuales pueden ser ocasionadas por los residuos sólidos, éstos no son muy fáciles de quemar por lo que primero, se queman los materiales ligeros para poder elevar la temperatura del horno y poder echar los residuos sólidos posteriormente, evitando así cualquier tipo de problemas.
- c) Para reducir los malos olores se debe tomar en cuenta las condiciones meteorológicas, éstas deben ser favorables, puesto que el viento será el que haga que los gases asciendan y no se detecten en la atmósfera.
- d) Implantar este sistema en nuestro país es muy poco adecuado pues solamente una pequeña parte de la población podría adquirir un incinerador o construirlo, por lo tanto el municipio tendría que proporcionar los demás y esto resultaría una inversión demasiado fuerte e imposible de efectuar, pero de no ser-

así, no podría imponerse éste sistema o al menos que solamente se implantara en colonias donde la gente sí cuenta con los suficientes recursos económicos, y en las colonias habitadas por gente de escasos recursos se impondría el sistema de recolección tradicional, cosa que sería muy difícil de organizar y -- planear adecuadamente sobre todo porque en casi todas las colonias existe gente pobre y rica.

Con lo anterior, podemos darnos cuenta que éste tipo de incineración tiene ventajas y desventajas, y debemos tomar en cuenta el costo, puesto que es muy importante para entender si es conveniente o no éste sistema.

Partes Principales de una Planta Incineradora. -- Las principales partes de que consta una planta incineradora son -- las siguientes: báscula para camiones recolectores, plataforma de descarga, fosa de almacenamiento de los residuos sólidos -- que se van a quemar, equipo de alimentación al incinerador, -- horno, ventiladores y chimenea.

Básculas: las básculas para pesar los camiones recolectores de residuos sólidos pueden ser del tipo mecánico convencional con operación mecánica o pueden ser del tipo, más sofisticado, de equipo electromagnético que registra información concerniente a carga neta, tipo de basura, punto de origen, identificación del camión y del operador, fecha y hora en que se pesa el camión.

Las básculas deben estar cerca del punto de entrada a la plataforma de descarga.

Plataforma de Descarga: consiste en una área pavimentada sobre la cual se maniobran los camiones antes de vaciar -- su carga a la fosa de almacenamiento. Puede estar dentro o fuera

ra del edificio dependiendo del clima, del dinero disponible, y del tipo de vecindad existente en el lugar de la planta.

Fosa de Almacenamiento: el almacenamiento de basura tiene por finalidad detener un tiempo la basura que no puede introducirse inmediatamente al horno asegurando, además la continuidad en la alimentación al incinerador.

Las fosas de almacenamiento se construyen abajo del nivel de la plataforma de descarga y su capacidad varía de 12 a 36 horas de la capacidad de incineración.

Equipo de Alimentación al Incinerador: la tolva y la grúa son los principales mecanismos para alimentar basura al horno.

La tolva mantiene un flujo uniforme y se localiza arriba de la parrilla del horno de modo que los residuos sólidos desciendan y caigan sobre ella.

Generalmente se usan grúas puente para llevar la basura de la fosa de almacenamiento a la tolva.

Horno: consiste de una estructura cerrada y recubierta con material refractario, equipada con parrillas y alimentada con grandes volúmenes de aire, donde tiene lugar la combustión de la basura, es la parte más importante y fundamental de una planta de incineración. El horno incluye las cámaras de ignición y combustión donde se efectúa, además del quemado, el precalentamiento, secado e ignición de los desechos.

Cámara de combustión. Esta situada entre el horno y la chimenea, tiene la función de permitir la mezcla de gases quemados y así dar tiempo para su combustión; esta cámara debe originar suficiente mezcla de corrientes de aire.

Ventiladores: su función es suministrar aire adecua-

damente distribuido al proceso de combustión. El 85% de dicho aire se alimenta por debajo de la parrilla y se designa como - aire primario. El 15% restante o aire secundario se introduce por arriba del fuego con el fin de mantener la turbulencia y - el oxígeno necesario para completar la combustión de los gases y partículas que emanan del lecho de combustión.

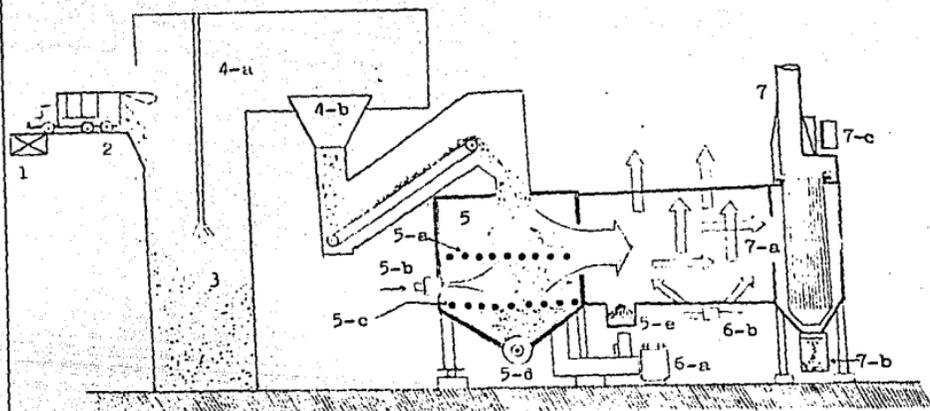
Chimenea: Es un ducto vertical que conduce los productos de combustión hacia la atmósfera e induce una succión - o presión negativa que ayuda a la combustión. Esta succión se origina como consecuencia de la diferencia de temperatura, y - por tanto de densidad, de los gases de combustión y del aire - atmosférico; de modo que la succión es función tanto de la diferencia de temperaturas como de la altura de la chimenea. La altura y el diámetro de una chimenea se determina por la succión requerida, la velocidad de los gases y el volumen de los mismos.

En la figura No. 33 se presenta el Diagrama de Flujo de una Planta Incineradora de Desechos Sólidos.

A continuación se enlistan los equipos del proceso - de la Planta Incineradora (que se muestra en la figura No. 33).

- 1.- Báscula.
- 2.- Plataforma de Descarga.
- 3.- Fosa de Almacenamiento.
- 4.- Equipo de Alimentación al Incinerador:
 - a) Grúa Fuente tipo Almeja.

Fig. No. 33 Planta de Incineración



b) Tolva.

5.- Horno:

- a) Parrilla Superior.
- b) Quemadores (Bruli de Fuel-Oil).
- c) Parrilla Inferior.
- d) Tornillo Sin Fin.
- e) Depósito de Cenizas.

6.- Ventiladores:

- a) Ventilador Primario.
- b) Ventilador Secundario.

7.- Chimenea:

- a) Colector de Polvos.
- b) Depósito de Polvo.
- c) Ventilador de Salida.

Tipos de Incineradores de Desechos Sólidos.- La siguiente discusión pretende describir el panorama contemporáneo de la práctica de incineración de desechos sólidos municipales e industriales. En el mundo existen muchas rutas de incineración las cuales difieren entre sí principalmente por:

- a) El tipo de cámara o sistema de combustión utilizado.
- b) El sistema de alimentación y manejo de desechos dentro del incinerador.
- c) El proceso de lavado que se realiza sobre los gases de escape antes de que estos sean expulsados a la atmósfera.

A continuación se presenta la clasificación de Incineradores hecha por el Instituto de Incineradores de America.

IIA ; Clasificación de Incineradores por Clases.

- Clase I: Incineradores Portatiles, de alimentación directa y con una capacidad de hasta 15 Kg/hr para desechos tipo 1 o 2. (ver tabla No. 7).
- Clase IA: Incineradores Portatiles o Instalados, de alimentación directa con una capacidad desde 10 hasta 50 Kg/hr para desechos del tipo 1 o 2.
- Clase II: Incineradores para Departamentos Habitacionales con ducto de alimentación donde la entrada de desechos sirve como escape de los productos de la combustión para desechos tipo 2.
- Clase IIa: Incineradores para Departamentos con ducto de alimentación, el cual es independiente del ducto de escape de los gases de combustión, adecuados para desechos del tipo 1 o 2.
- Clase III: Incineradores de Alimentación Directa, con una velocidad de combustión de 50 Kg/hr o más, apropiado para desechos del tipo 0, 1 o 2.
- Clase IV: Incineradores de Alimentación Directa, con una velocidad de combustión de 30 Kg/hr o más, apropiado para desechos del tipo 3.
- Clase V: Incineradores Municipales, con una capacidad mayor a 1 ton/hr, disponible para desechos del tipo 0, 1, 2 o 3 y combinaciones de estos.
- Clase VI: Incineradores Patológicos o Crematorios apropiados para desechos del tipo 4.
- Clase VII: Incineradores Diseñados para ciertos subproductos industriales residuales específicos del tipo 5 o 6

A continuación se presentan las principales características de los tipos más importantes de incineradores de desechos sólidos (municipales e industriales), así como de los --- equipos anticontaminantes usados en el mundo.

A) Incineradores Municipales.-- La operación de estos incineradores puede ser continua o intermitente dependiendo de la capacidad del sistema de alimentación y de las parrillas -- transportadoras de desechos sólidos en la cámara de combustión.

Practicamente todos los hornos de incineración emplean hogares refractarios para contener al desecho durante su incineración, o también, tipos especiales de parrillas -- para alimentar, transportar y mezclar el desecho durante el proceso de combustión dentro del horno.

Existe un número de tipos diferentes de hogares y parrillas diseñadas para satisfacer las diversas necesidades que se presentan en los sistemas de incineración; a continuación se describen brevemente las más importantes:

1.- Hogar Estacionario:

El hogar estacionario es básicamente un piso refractario en el horno sobre el cual se deposita el desecho para su incineración.

En ausencia de puertos de aire bajo el lecho de basura, el aire se introduce a lo largo de las paredes en la parte superior del horno y la combustión procede de una manera --

similar que en una fogata u hogera pero en mejores condiciones gracias a la retención de calor por radiación de las paredes y el techo del horno.

El hogar estacionario se aplica principalmente en pequeños incineradores comerciales e industriales, así como en crematorios e incineradores de desechos hospitalarios. Incluyen quemadores de gas para mantener la temperatura elevada dentro de la cámara de combustión. Ver figura No. 34

2.- Farrillas Estacionarias:

Los hornos de parrillas estacionarias son muy similares a los de hogar estacionario, con la diferencia en que el soporte del desecho que se incinera esta constituido por barras o parrillas con aberturas y rendijas por donde se puede alimentar una cierta cantidad de aire de combustión y además permite la descarga de cenizas residuales a través de las aberturas. Estos sistemas de incineración requieren generalmente de alimentación manual colocando el desecho sobre las barras o parrillas deslizables. Ver figura No. 35

3.- Parrilla Circular:

Este tipo de parrillas se utiliza en incineradores de operación intermitente; la parrilla se localiza en el fondo de una cámara de combustión cilíndrica y consiste básicamente de un cono rotatorio provisto con espas giratorias usadas para la agitación de los desechos durante la combustión y para transportar las cenizas al depósito de residuos incombustibles. El aire de combustión se suminis-

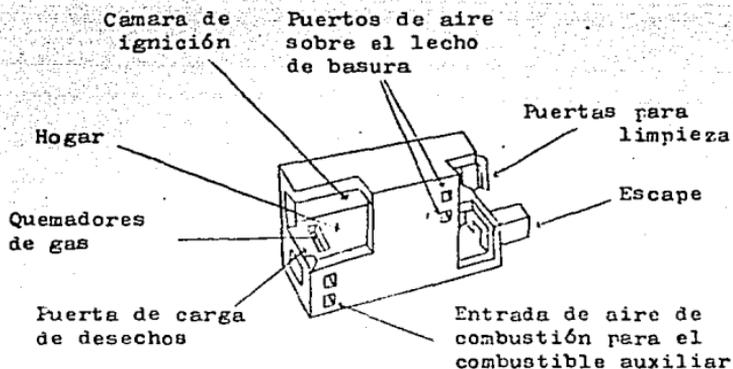


Fig. No. 34 Incinerador de Hogar Estacionario

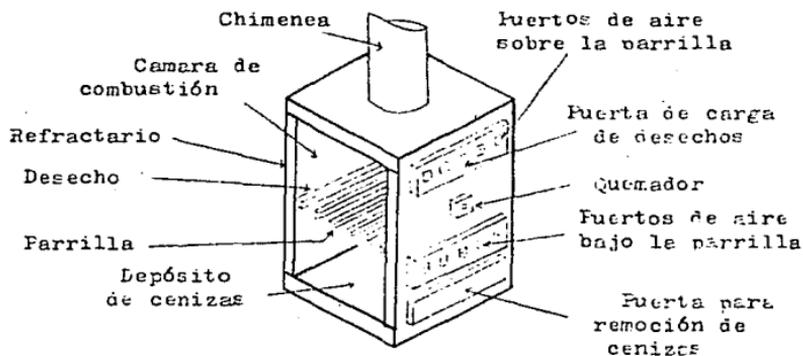


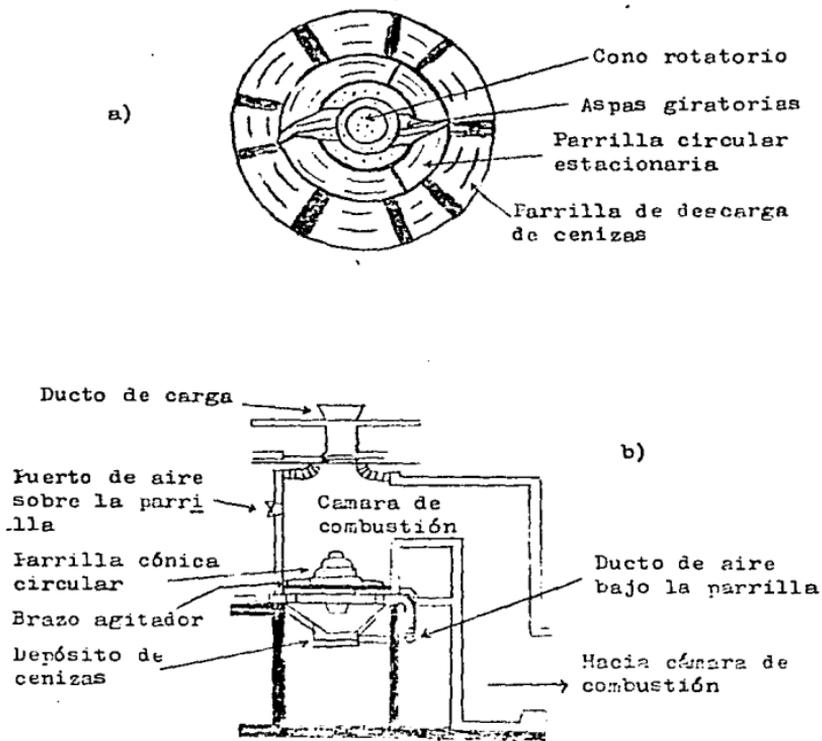
Fig. No. 35 Incinerador de Parrillas Estacionarias

tra a través de la parrilla y el centro del cono mediante una ventilación forzada. En estas parrillas el desecho se descarga sobre el cono y después se va desplazando lentamente hacia la periferia de la parrilla gracias a los brazos agitadores. Este tipo de incineración produce grandes emisiones de sólidos volátiles, por lo que no se ha favorecido su aplicación. Ver figura No. 36

4.- Horno Rotatorio:

El sistema de incineración continua de desechos es uno de los métodos de disposición final de basura más utilizado y se aplica principalmente para incinerar una gran variedad de residuos lodosos y desechos sólidos. El principal componente del horno rotatorio es un cilindro semihorizontal metálico forrado de material refractario el cual gira en torno a su eje. El horno gira continuamente exponiendo la superficies del material de desecho al calor y al oxígeno en la corriente de gases. El tiempo de residencia del desecho dentro del horno es función tanto de la velocidad de rotación así como de la inclinación que presenta sobre el plano horizontal y los elementos de retención que pueda haber en el interior del horno cilíndrico. El quemador que inicia la ignición y proporciona una fuente suplementaria de calor se puede colocar en cualquiera de los extremos del horno. Las cenizas y residuos de combustión se descargan por el extremo inferior y hacia los transportadores de residuos. En ocasiones parte de los gases de combustión se reciclan al horno para ser usados en el secado parcial del desecho entrante y/o se pueden pasar

Fig. No. 36 a) Vista de Planta de la Parrilla Circular
 b) Horno Cilindrico con Parrilla Circular



a través de un hervidor para recuperar la energía producida en el proceso. Ver figura No. 37

5.- Parrillas Mecánicas en Operación Continua:

Estas parrillas tienen una amplia aplicación en sistemas continuos de incineración principalmente de desechos municipales, ya que mantienen un flujo constante de desechos desde el ducto de alimentación, pasando por el área de combustión hasta el extremo de descarga de residuos de combustión que además proporciona un efecto de enfriamiento en las partes metálicas de las parrillas para protegerlas de la oxidación y el excesivo calentamiento.

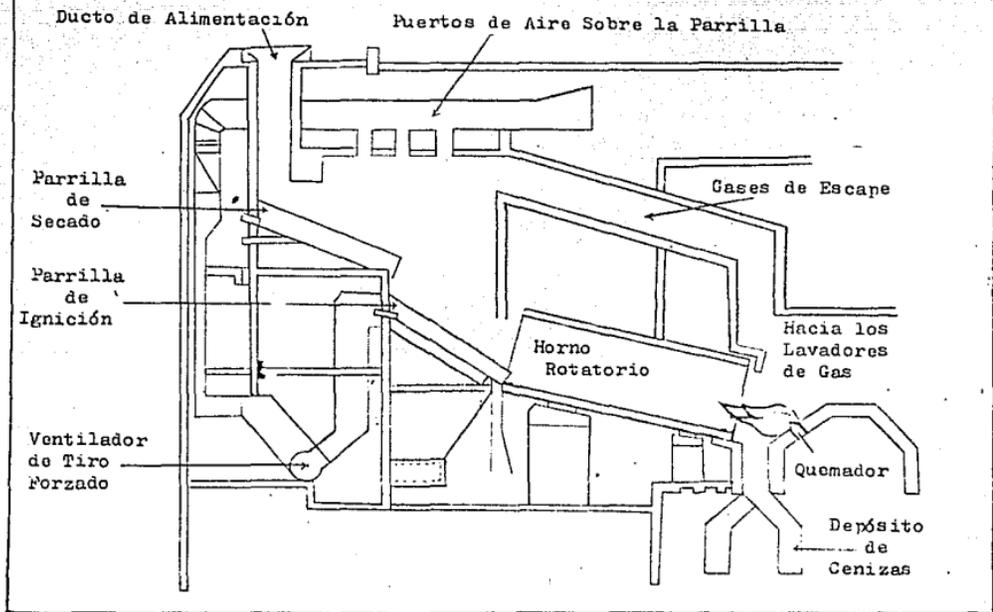
a) Parrillas Móviles de Banda:

Consiste de un sistema de transportación metálico semejante a una banda transportadora. Consiste de una parrilla móvil inclinada para recibir al desecho en donde se crea un efecto parcial de secado, y a continuación otra parrilla en posición horizontal donde se realiza la combustión para después tirar a las cenizas en un depósito u otro transportador. En la parte superior de la cámara de combustión en la que se encuentran las parrillas se localiza el ducto de salida de los gases de combustión. Ver figura No. 38

b) Parrillas Oscilantes:

Es una parrilla con elementos metálicos que no tienen desplazamiento a lo largo del horno, sino que tienen un mecanismo mediante el cual los elementos metálicos oscilan verticalmente produciendo un transporte continuo del desecho-

Fig. No. 37 Incinerador de Horno Rotatorio



a lo largo de la parrilla, la cual se encuentra ligeramente inclinada con el extremo inferior dirigido hacia la de carga de residuos de combustión, además de distribuir la basura y las cenizas sobre la parrilla para evitar que halla zonas de la parrilla expuestas al fuego directo de los quemadores. Ver figura No. 39

c) Farrillas Reciprocantes:

Esta parrilla consiste de elementos metálicos rectangulares que se desplazan alternadamente hacia adelante y hacia atrás para proporcionar el movimiento y agitación al desecho. El sistema de parrillas se encuentra inclinado hacia abajo en la dirección de la zona de descarga de los residuos de combustión. Existen otros sistemas similares que empujan la basura en sentido inverso a la zona de descarga con lo cual se genera una agitación más efectiva ya que se crea un efecto de enrollamiento del desecho sobre la parrilla ya que el desecho tiende a bajar por gravedad gracias a la inclinación de las parrillas. Ver figura No. 40

d) Parrillas Rodantes:

Las parrillas rodantes consisten básicamente de rodillos metálicos giratorios sobre los que se transporta el desecho. Este sistema fue desarrollado en Alemania para contrarrestar el alto costo de las múltiples parrillas de banda requeridas para obtener una mejor combustión. La rotación de los rodillos del emparrillado generan una fuerte acción de mezclado sobre los desechos, además de transportarlos hacia los sucesivos rodillos del sistema en donde se lleva

Sección de secado



Fig. No. 38 Parrillas Móviles de Banda

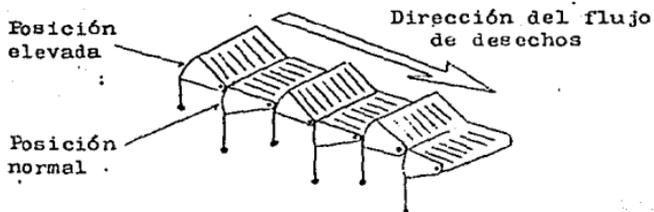


Fig. No. 39 Parrillas Oscilantes

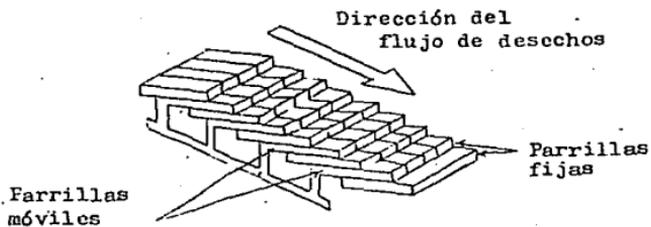


Fig. No. 40 Parrillas Reciprocantes

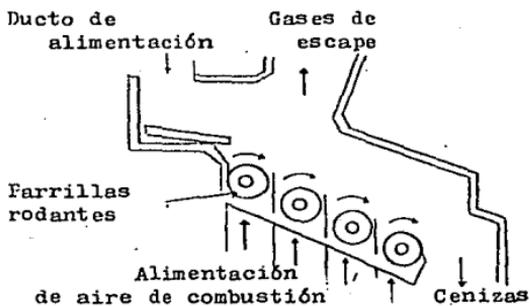


Fig. No. 41 Parrillas Rodantes

a cabo el secado, ignición, combustión y cernido de las cenizas incombustibles a través de las parrillas para su depósito en los transportadores de residuos. Ver figura No.

41

- B) Incineradores de Desechos Industriales. - Los incineradores de lodos y ciertos desechos sólidos comerciales e industriales difieren sustancialmente de aquellos utilizados para desechos municipales, dependiendo del tipo de residuos de que se trate. Estos sistemas de incineración se diseñan o seleccionan a partir de las necesidades particulares del desecho y sus características específicas, donde se deben de cuidar las propiedades químicas, corrosivas y contaminantes de los desechos y residuos de combustión.

A continuación se describen brevemente algunos tipos de incineradores de desechos industriales. Estos incineradores presentan en común ciertos elementos básicos tales como el sistema de alimentación del desecho, estructura de la cámara de combustión con material refractario y cubiertas metálicas, soporte de desecho como parrillas u hogares refractarios, sistema de suministro de aire de combustión, sistema de ductería para los gases de escape y sistemas de transporte de residuos incombustibles y equipos de control de contaminación para purificar los gases de escape

Los tipos de incineradores comunmente usados para procesar desechos industriales son:

- 1) Incinerador de Lecho Fluidizado.

2) Incinerador de Hogar Multiple.

1.- Incinerador de Lecho Fluidizado:

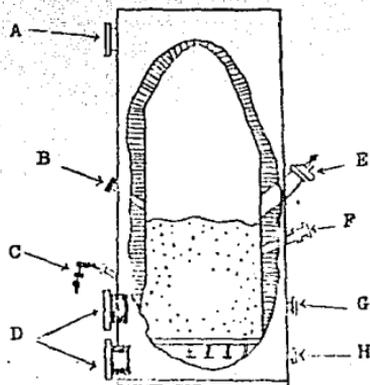
El horno de lecho fluidizado se desarrolló originalmente en los procesos de cracking de petróleo para contactar el catalizador finamente dividido con fracciones de petróleo de alto peso molecular. Posteriormente se enfocó su aplicación hacia la incineración ya que proporciona un rápido calentamiento al material alimentado, temperaturas uniformes y pequeños tiempos de residencia del material.

El incinerador de lecho fluidizado (ver figura No. 42) consiste de un recipiente forrado de material refractario que contiene en la parte inferior material granular inerte, para soportar la fluidización de las partículas de desecho durante la operación. El material granular o arena de fluidización se coloca sobre un plato o parrilla perforada a través de la cual se introduce aire precalentado que al entrar por la parte inferior a alta velocidad expande el lecho de arena y desechos, fluidizándolos, mientras un quemador colocado en la parte superior realiza la combustión de los materiales de desecho. El ducto de gases de escape se encuentra en la parte superior del recipiente, con lo que se tiene un sistema de incineración continua.

La incineración en el lecho fluidizado es muy útil para ciertos tipos de desechos lodosos, (líquidos y sólidos orgánicos en suspensión) y partículas sólidas de dimensiones comprendidas entre 1 micrómetro y 10 cm con bajo contenido de humedad.

Durante el proceso, el lecho de arena y desechos se mantie

Fig. No. 42 Horno de Incineración de Lecho Fluidizado



- A = Escape
 B = Alimentación de Arena de Fluidización
 C = Toma de Presión
 D = Puertas de Acceso
 E = Quemador
 F = Termopar
 G = Alimentación de Lodos
 H = Entrada de Aire de Fluidización

ne alrededor de 650 a 800°C, expandiéndose un 30 a 60% en volumen con respecto a su estado original no fluidizado. El flujo de aire de combustión debajo de la parrilla debe controlarse de manera que no arrastre arena y desecho hacia el ducto de escape de la cámara de combustión. El requerimiento de aire en exceso es muy pequeño gracias al excelente mezclado del oxígeno del aire con los desechos.

2.- Incinerador de Hogar Múltiple:

Este incinerador es uno de los más utilizados para la disposición final de lodos y materiales de alcantarillados en E.U.A. Los lodos se introducen en la parte superior del horno, el cual consiste de una coraza cilíndrica-vertical que contiene de 4 a 12 hogares o cámaras de ladrillo refractario.

En el centro tiene un eje tubular de acero, provisto de -- brazos agitadores, el cual gira con una velocidad de 0.5 a 1.5 rpm. El eje central y los brazos agitadores son enfriados por aire introducido mediante una ventilación forzada desde la parte inferior del sistema. El aire regresa al espacio anular entre el eje y las paredes del horno de la -- parte inferior para ser utilizado como aire de combustión-precalentado. Cada hogar tiene aberturas por las cuales el lodo cae de nivel en nivel, por el centro y el exterior de cada uno de los hogares de manera alternada. Los quemadores de combustible auxiliar generalmente se instalan en -- los costados del horno a la altura de los hogares o secciones superiores. Los hogares superiores del horno constituyen la zona de secado del desecho, los intermedios la zo

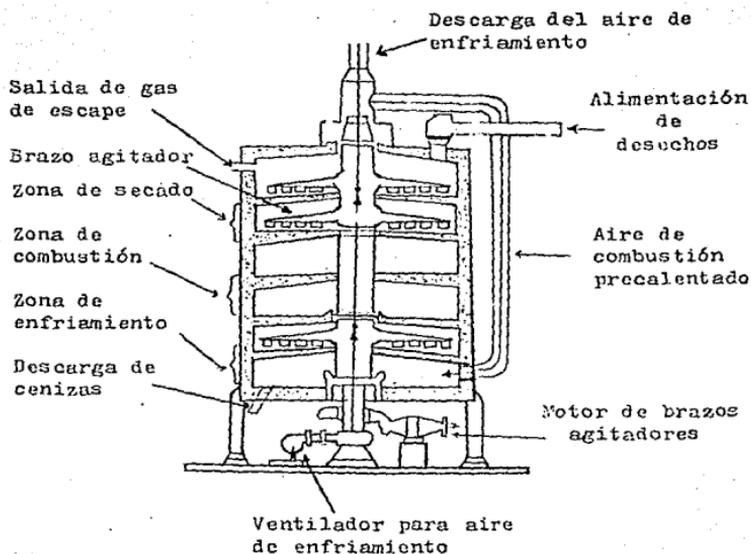
na de combustión y los inferiores la zona de enfriamiento de los residuos de combustión. La temperatura en estos hornos puede alcanzar hasta 950 a 1,000°C y para asegurar la completa combustión de los sólidos se debe suministrar --- aire en un exceso del 100 al 125%. El arrastre de partículas sólidas y gases odoríferos requieren la instalación de equipos purificadores de gases. El incinerador de hogar múltiple tiene gran aplicación ya que puede evaporar grandes cantidades de agua en desechos muy húmedos y presenta una gran versatilidad de operación. Ver figura No. 43

C) Equipos Anticontaminantes. -- En todos los sistemas de combustión se generan ciertas cantidades y tipos de contaminantes dependiendo de la capacidad del incinerador y el tipo de desecho que se maneja, por lo que se requiere de la instalación de ciertos equipos de purificación de gases conectados al escape de la cámara de combustión de los incineradores de desechos sólidos.

Existen numerosos tipos y tamaños de dispositivos para el control de la contaminación ambiental, los cuales se seleccionan o diseñan en base a los requerimientos legales de emisiones descargadas y las necesidades de protección a la corrosión a los equipos corriente abajo que se utilizan en los incineradores.

Los principales contaminantes producidos en la cámara de combustión de los incineradores que deben ser removidos de la corriente gaseosa son, entre otros: las partículas sólidas, gases orgánicos odoríferos, ácido clorhídrico, óxidos de azufre, etc.

Fig. No. 43 Incinerador de Hogar Múltiple



A continuación se describen brevemente los principales equipos utilizados para purificar los gases de combustión de los incineradores:

1.- Post-quemadores:

El post-quemador no es más que una cámara de combustión secundaria empleada para destruir por oxidación -- los hidrocarburos gaseosos o materiales orgánicos no destruidos en el incinerador. Existen 3 tipos principales de post-quemadores: a) De Flama Directa, b) Térmicos, c) Catalíticos. Los post-quemadores de flama directa y térmicos son similares pero destruyen los vapores orgánicos de diferentes maneras. En las unidades de flama directa, los vapores orgánicos pasan directamente a través de ella y en las unidades térmicas los vapores permanecen en una atmósfera oxidante a alta temperatura el tiempo suficiente para que se lleven a cabo las reacciones de oxidación. Los dispositivos catalíticos son equipos térmicos que contienen una superficie de catalizador para acelerar las reacciones de oxidación. Los dispositivos térmicos y de flama directa -- proporcionan mayor flexibilidad a la operación del incinerador mientras que los catalíticos son menos versátiles ya que llevan a cabo la combustión a menor temperatura. Las temperaturas de operación varían de 650 a 1,300^oC y el tiempo de residencia oscila entre 0.2 a 6.0 seg., dependiendo del tipo de contaminante en la corriente gaseosa de combustión. En oxidaciones catalíticas el tiempo de residencia de los gases es de aproximadamente 1 seg. El post-quemador se utiliza principalmente cuando se re---

quiere destruir contaminantes orgánicos que no se quemaron en el incinerador primario y cuando se desea una mayor flexibilidad en la operación del incinerador para que este -- procese más tipos de desechos. Ver figura No. 44

2.- Separador Ciclónico:

El ciclón es un separador inercial en el que se introducen los gases de combustión de forma tangencial al recipiente cilíndrico y en la parte superior de éste, produciéndose un flujo en remolino hacia abajo, mediante el cual salen las partículas sólidas por un orificio inferior mientras los gases regresan a la parte superior para salir por ella en ducto central de la tapa del ciclón. Este equipo es útil para separar partículas mayores a 15 micrómetros, y se aplica para remover partículas grandes como parte de un tratamiento previo a los gases sucios antes de -- que estos entren a equipos desempolvadores más eficientes -- tales como los precipitadores electrostáticos. En ocasiones, las partículas sólidas recolectadas pueden ser realimentadas al horno para completar su combustión.

El problema de los separadores ciclónicos es que cuando la carga de polvos es muy grande o los polvos son materiales higroscópicos o pegajosos, estos tienden a aglomerarse en las paredes del ciclón sin caer adecuadamente por el ducto de descarga. Ver figura No. 45

3.- Lavador de Gases por Aspersión, Tipo Vénturi:

Los lavadores de gas tipo vénturi utilizan la -- energía cinética de la corriente de gases de combustión pa

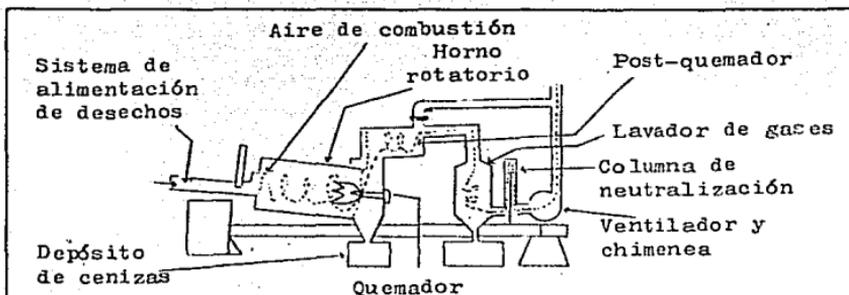


Fig. No. 44 Sistema de Incineración con Post-quemador

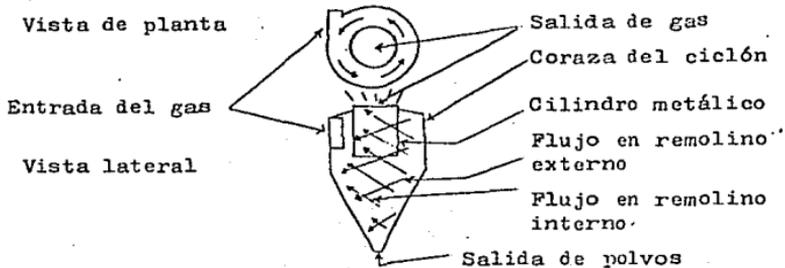


Fig. No. 45 Separador Ciclónico

ra atomizar el líquido de lavado y convertirlo en pequeñas gotas que son capaces de arrastrar las partículas sólidas y disolver una serie de contaminantes de los gases se escapa tales como óxido de azufre, óxidos de nitrógeno, HCl, - HF, etc.

En el lavador tipo venturi, el líquido de lavado (generalmente agua) se inyecta en la corriente de gases de escape a la altura de la garganta del venturi. En el proceso, el líquido se atomiza creándose una gran superficie de transferencia de masa para arrastrar los contaminantes de los gases de escape. El lavador tipo venturi se utiliza cuando se necesita remover simultáneamente polvos y gases tóxicos solubles en agua u otro líquido de lavado tal como algunas soluciones acuosas alcalinas para neutralizar los gases -- ácidos. También se aplica para altas temperaturas y altos contenidos de humedad en los gases de combustión. Además - aparece comunmente en incineradores de horno rotatorio y - de inyección de residuos líquidos. Ver figura No. 46

4.- Torre Lavadora por Aspersión:

Son equipos en los que los contaminantes son eliminados por un proceso de absorción de gases y arrastre mecánico efectuados por el líquido aspersado, lo cual asemeja al equipo con los lavadores tipo venturi pero que difiere - en funcionamiento por el sistema de atomización del líquido de lavado. El líquido lavador se atomiza a alta presión a - través de unas espreas desde la parte superior de un recipiente cilíndrico, mientras que los gases se introducen des - de la parte inferior. Las pequeñas gotas del líquido lava--

dor constituyen la fase dispersa, mientras que la corriente de gases forman la fase continua, ocurriendo la transferencia de masa en la superficie de las gotas del líquido. Estas torres lavadoras se aplican también en la incineración de desechos tóxicos y presenta relativamente buenas - eficiencias de remoción tanto de polvos como de gases tóxicos, HCl, HF, NOx, SOx, etc. También se utilizan para cargas gaseosas a baja velocidad, a elevadas temperaturas y - contenido de humedad alto y con grandes cantidades de polvos. Ver figura No. 47

5.- Eliminadores de Niebla:

Los eliminadores de niebla son equipos que remueven las gotas de agua arrastradas por el gas en los equipos de lavado por aspersión, reduciendo así la humedad que entra en los ventiladores de tiro inducido del sistema, además de eliminar la mala impresión que causan las pequeñas gotas de agua condensada que salen por las chimeneas. Los eliminadores de niebla consisten básicamente de un cilindro metálico que en su interior contiene manparas o baffles a través de los cuales pasa el gas, reteniéndose en ellos las partículas de agua más grandes. El gas se introduce por la parte inferior y las gotas retenidas caen hacia el fondo del recipiente liberando así a la corriente de gases de la nebulosidad adquirida en los equipos lavadores de aspersión de agua. Los eliminadores de niebla se utilizan como equipos adicionales de los lavadores de gases por medio de la aspersión de líquido. Ver figura No. 48.

6.- Torre Lavadora de Lecho Empacado:

Consiste básicamente de una torre de absorción de gases de lecho empacado, donde los contaminantes gaseosos se remueven por un proceso de absorción de gases mediante un contacto líquido-gas. Estos lavadores son simples recipientes, los cuales se llenan de material de empaque sobre un plato soporte. El líquido de lavado se alimenta por la parte superior mientras que el gas fluye a contracorriente. Esos equipos se utilizan cuando los gases de escape no contienen grandes cantidades de partículas sólidas. Además tienen una gran eficiencia de remoción de contaminantes gaseosos tales como el HCl, HF, SO₂, SO₃, NO_x, etc. En estos equipos también se requiere de la instalación de eliminadores de niebla en la corriente de salida de los gases. Ver figura No. 49

7.- Torre Lavadora con Sistema de Platos:

Es una torre de platos que basa su funcionamiento en la absorción de contaminantes mediante un líquido de lavado. Está constituido básicamente por una columna cilíndrica que contiene platos en su interior, en los cuales se realiza el contacto líquido-gas para efectuar la transferencia de materia. El líquido de lavado se introduce en el plato superior, desplazándose a los platos inferiores y atrapando los contaminantes de la corriente de gas que fluye a contracorriente a través de unas perforaciones hechas en los platos.

Estos equipos no se utilizan tan comúnmente como los lavadores tipo vénturi o las torres de lecho empacado pero sin

embargo se aplica para controlar las emisiones de incineradores de lodos o de desechos líquidos. Al igual que las torres de lecho empacado, son útiles para remover gases tóxicos de corrientes gaseosas que no contienen grandes cargas de polvos. En estos equipos lavadores, el líquido utilizado puede ser agua o soluciones alcalinas que ayudan a neutralizar los contaminantes gaseosos de carácter ácido. Ver figura No. 50

En la tabla No. 7, se muestra la clasificación de desechos de acuerdo al Instituto de Incineradores de America, -- IIA (de los E.U.). (27)

En la tabla No. 8, se presentan los valores de densidad de desechos según la clasificación hecha por el Instituto de Incineradores de America, IIA (de los E.U.). (27)

En la tabla No. 9, se puede apreciar la producción de vapor en función de la calidad del desecho incinerado. (27)

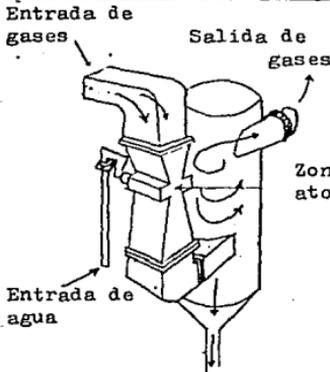


Fig. No. 46 Lavador de Gases Tipo Venturi

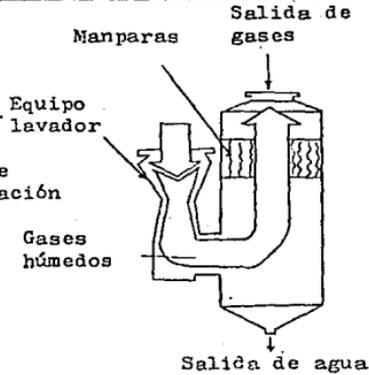


Fig. No. 47 Eliminador de Niebla

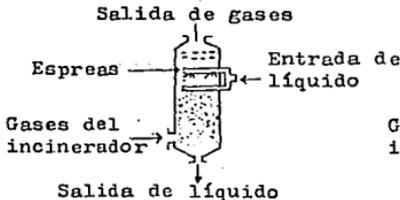


Fig. No. 48 Torre de Aspersión

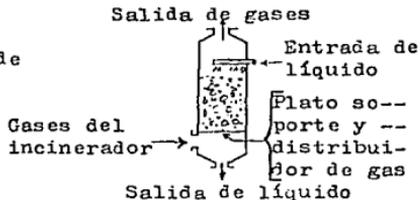


Fig. No. 49 Torre Lavadora de lecho empacado

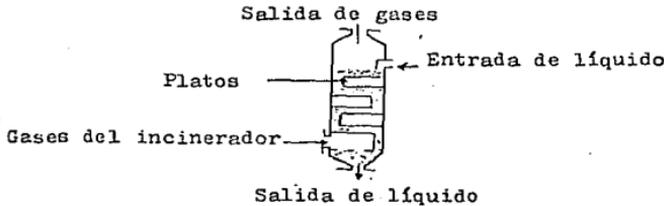


Fig. No. 50 Torre Lavadora con Sistema de Platos

TABLA No. 7
CLASIFICACION DE DESECHOS, IIA

TIPO DESCRIPCION	COMPONENTES PRINCIPALES	%HUMEDAD EN PESO	SOLIDOS INCOMBUST. % EN PESO	VALOR CALORIFICO Kcal/Kg
0 Basura combustible	Papel, madera cartón, plástico, gomas; de fuentes comerciales e industriales.	10%	5%	4,700
1 Basura semi combustible	Papel, cartón pedazos de madera y telas, residuos de limpieza doméstica; fuentes domésticas y comerciales.	25%	10%	3,600
2 Desechos domésticos	Basura y desechos domésticos de fuentes residenciales.	50%	7%	2,400
3 Desechos de alimentos	Residuos alimenticios animales y vegetales de hoteles, restaurantes, mercados, etc. fuentes comerciales.	70%	5%	1,400
4 Residuos hospitalarios	Cadáveres, tejido animal y humano, desechos de laboratorios, ratos, etc.	85%	5%	500

Continuación de la tabla No. 7

5	Residuos <u>ga</u> seosos y <u>li</u> quidos	Residuos de - procesos in-- dustriales	variable	variable	variable
6	Residuos - especiales	Combustibles- que requieren equipo espe-- cial	variable	variable	variable

FUENTE: Tesis UNAM, Facultad de Química 1987 (27)
Diseño y Evaluación de Incineradores de Desechos Soli-
dos.
José Valentin Rodriguez Gutierrez.

TABLA No. 8
DENSIDAD PROMEDIO DE DESECHOS SOLIDOS

TIPO	Kg/m^3
Desecho tipo 0	130 - 160
Desecho tipo 1	130 - 160
Desecho tipo 2	240 - 320
Desecho tipo 3	480 - 560
Desecho tipo 4	720 - 880
Revistas, bul- tos de papel	560 - 800
Papel suelto	80 - 110
Pedazos de ma- dera y aserrin	190 - 240

FUENTE: Tesis UNAM, Fac. de Química -
1987 (27)
Diseño y Evaluación de Incine-
radores de Desechos Sólidos.
José Valentin Rodriguez G.

TABLA No. 9
 PRODUCCION DE VAPOR EN FUNCION DE LA
 CALIDAD DEL DESECHO INCINERADO

	VALOR CALORIFICO: Kcal/Kg				
	3,600	3,300	2,700	2,200	1,600
DESECHO:					
% Humedad	15	18	25	32	39
% Incombustibles	14	16	20	24	28
% Combustibles	71	66	55	44	33
Vapor generado ton/ton desecho	4.3	3.9	3.2	2.3	1.5

FUENTE: Tesis UNAM, Facultad de Química 1987 (27)

Diseño y Evaluación de Incineradores de Desechos Sólidos.

José Valentin Rodríguez Gutierrez.

6.4. RELLENO SANITARIO.

El relleno sanitario es un sistema de disposición final de los desechos sólidos, es un método de disponer la basura en el suelo sin crear molestias o peligros a la salud o a la seguridad pública, este método es considerado el más económico. En esencia consiste en vaciar en un lugar convenientemente seleccionado, los desechos sólidos en el día y cubrirlos adecuadamente, previa compactación, al final de la jornada diaria, con tierra, arena, etc. de tal manera que queden formadas celdas de material compactado. Esto con el fin de exponer la materia orgánica de la basura a una fermentación anaerobia que

con el transcurso del tiempo descomponga el desecho, lo reintegre a la tierra y proteja el equilibrio ecológico.

La basura al descomponerse produce ciertos lixiviados que al escurrirse pueden encontrar á su paso mantos freáticos y ocasionar cierto grado de contaminación de aguas (ver figura No. 51), además la fermentación anaerobia de los desperdicios produce ciertos subproductos gaseosos como el CH_4 que al quedar atrapado puede incendiarse.

Para diseñar correctamente y escoger el lugar más adecuado para la construcción de un relleno sanitario es muy importante conocer a fondo el proceso mediante el cual se efectúa la descomposición de los desechos sólidos.

La actividad biológica en un relleno sanitario sigue generalmente un patrón. Inicialmente los desechos sufren una degradación aerobia, pero al irse agotando el oxígeno aparecen microorganismos anaerobios, los cuales producen CH_4 . La actividad de estos microorganismos provoca aumentos en la temperatura, que puede llegar a elevarse hasta 70°C .

En un relleno sanitario puede haber filtraciones de agua desde la superficie, produciéndose un lixiviado, que es una solución con sólidos disueltos y en suspensión, así como productos de la descomposición microbiana. Este lixiviado puede aflorar a la superficie (ver figura No. 52) o infiltrarse a través del suelo o en los alrededores.

Es muy importante la composición del lixiviado para poder determinar sus posibles efectos en las corrientes superficiales y subterráneas. Los contaminantes presentes en el lixiviado van a depender de la composición de los desechos, así como de su actividad física, química y biológica que se presen

Fig. No. 51 Localización de Pozos de Monitoreo de Aguas Subterráneas y Lixiviado en un Relleno Sanitario

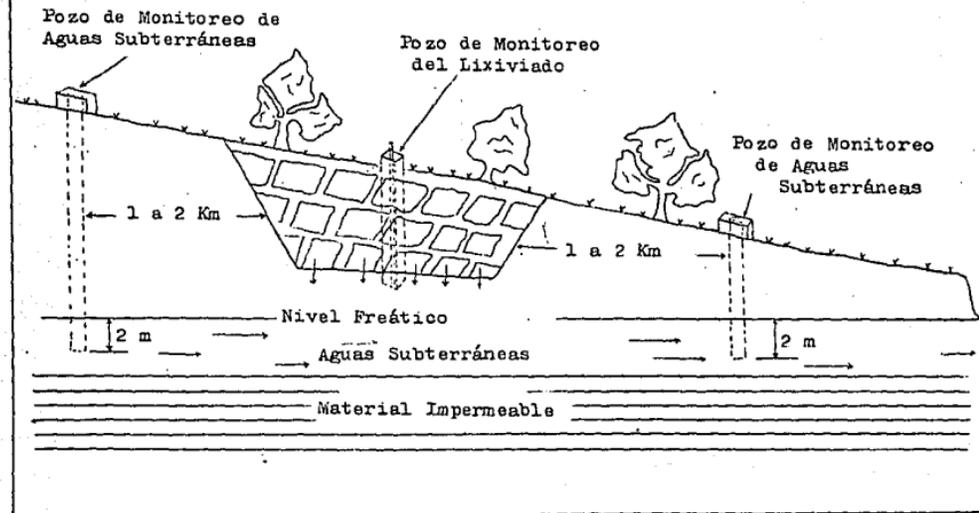
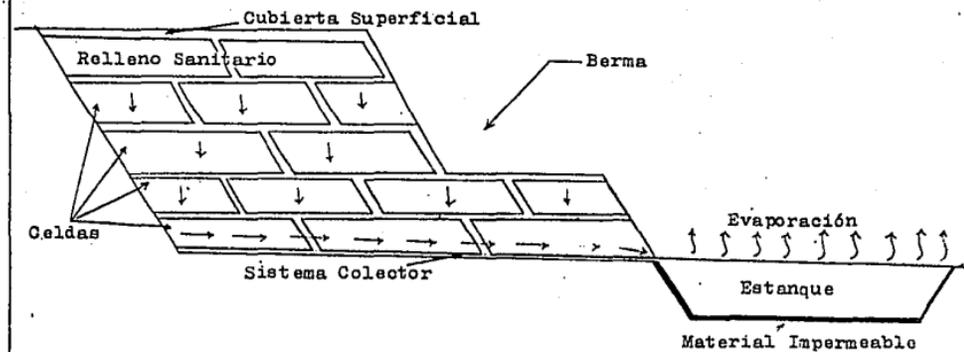


Fig. No. 52 Sistema de Evaporación del Lixiviado



ta simultaneamente en el relleno.

El tipo y cantidades de contaminantes arrastrados -- por el agua y la facilidad de ésta para asimilarlos determinará la necesidad de un mayor o menor control del lixiviado.

El lixiviado que se filtra en el suelo y en los alrededores del relleno está sujeto a una atenuación de los contaminantes causada por fenómenos de intercambio iónico, filtración, adsorción, formación de complejos, precipitación y biodegradación; se mueve como un flujo insaturado si los espacios -- en el suelo están parcialmente llenos con agua y como flujo saturado si el agua los llena. El tipo de flujo afecta el mecanismo de atenuación, así como el tamaño de partícula en el suelo y su forma y composición.

La atenuación de los contaminantes que fluyan en la zona insaturada generalmente es mayor que en la zona saturada, ya que existen un mayor potencial para la degradación aerobia, adsorción, formación de complejos y de un intercambio iónico -- de compuestos orgánicos e inorgánicos. En el flujo saturado la presencia de oxígeno es muy limitada, por lo que prevalece la degradación anaeróbica.

La adsorción y el intercambio iónico dependen del área de la interfase sólido-líquido. La relación entre el área de la interfase y el volumen del flujo es mayor en un flujo insaturado que en el saturado.

Tres meses después de colocar los desechos en el relleno sanitario se produce un alto porcentaje de dióxido de -- carbono y una mínima cantidad de metano, mientras que cuatro -- años después los dos gases se producen casi en el mismo porcentaje. La escasa producción de metano en los primeros meses es--

debida a que la descomposición que predomina es la aerobia.

El metano sólo es explosivo mezclado con el aire en concentraciones del 5 al 15% y como en el relleno no hay oxígeno, no hay peligro de explosión si el metano alcanza los niveles críticos. Pero si fluye hacia la atmósfera puede acumularse en algún lugar cerrado como edificios o casas cercanas. Esta posibilidad de movimiento de los gases es un factor fundamental en la selección del sitio en el cual se construya el relleno.

La permeabilidad del terreno al paso de los gases puede influir en su movimiento. Si el terreno es seco, los gases no tienen ningún obstáculo en su trayectoria, pero si se encuentra húmedo forma una excelente barrera.

Consideraciones para la Construcción de un Relleno Sanitario.- El diseñador debe calcular los requerimientos volumétricos, indicar las mejoras a realizar en el terreno como cercas, limpieza del terreno, construcción de edificios y caminos, etc. Además debe seleccionar todo el equipo necesario para la operación diaria según el método escogido. También debe prever los métodos de control de la contaminación del agua y del movimiento de los gases, debe proponer un uso específico para el terreno una vez terminado el relleno y además los costos y los gastos de operación para la vida útil del relleno.

Selección del Terreno.- Para determinar la conveniencia de un terreno para utilizarlo como relleno sanitario se tienen que evaluar los siguientes factores: problemas de sanidad y molestias públicas que origina el tratamiento incontrolado de residuos, los procedimientos operativos, las posibilidades de los equipos que se pueden emplear, los problemas climatoló-

gicos, la hidrografía, el uso futuro de los terrenos, la situación respecto a viviendas e industrias, disponibilidad de materiales de recubrimiento, distancias que deben recorrer los -- transportes de desechos, la reglamentación urbanística, etc.

Acondicionamiento del Terreno. - Este acondicionamiento puede ser tan simple como limpiar de arbustos, árboles y otros obstáculos que impidan la libre circulación de vehículos y los trabajos de relleno o puede involucrar la construcción de caminos, edificaciones y otros tipos de instalaciones. La magnitud del acondicionamiento depende de la naturaleza y la situación del terreno, de la importancia de la operación y por supuesto, de la cantidad de dinero disponible.

Es muy importante que después de la selección y antes del acondicionamiento del terreno se haga un estudio técnico de él. Se recomienda hacer un reconocimiento topográfico detallado con sus respectivos planos, a una escala adecuada y -- con líneas de nivel cada 0,5m. Este estudio permitirá planear con más detalle la construcción de caminos de acceso, la altura de relleno, donde apilar el material de recubrimiento y cantidades, cuál es el drenaje más adecuado, que método de relleno es más conveniente usar, cuál será la vida útil del relleno y en general el plan de operación una vez que esta funcionando.

Si se requiere lograr una operación de un relleno sanitario con la mayor eficiencia posible es muy útil el uso de una báscula, ya que con ella se tiene un control más efectivo de las cantidades de desechos recibidos. Un relleno sanitario puede funcionar sin una báscula pero su ayuda en el momento de determinar costos y vida útil es fundamental.

Es muy importante que hasta en el relleno sanitario más pequeño existan instalaciones sanitarias, para el personal para el almacenamiento del equipo. Es recomendable que las instalaciones sean temporales si la operación va a durar menos de 10 años.

En un relleno sanitario debe disponerse de servicio eléctrico, agua y servicios sanitarios. Cuando el terreno se encuentra en un sitio retirado el agua puede transportarse en pipas y la corriente eléctrica obtenerse por medio de un generador portátil.

Las cercas en un relleno sanitario pueden tener diversas funciones: ocultar las operaciones, controlar la entrada y evitar que el viento pueda arrastrar los desechos.

Control de las Aguas Superficiales.- Es muy importante desviar las corrientes superficiales de la zona en donde se construye el relleno sanitario. Cuando un relleno se está llevando a cabo en hondonadas, barrancas o cañones deben entubarse las corrientes de modo que no esten en contacto con los desechos. También deben construirse zanjas o canales que desvien los escurrimientos de los alrededores. En algunos casos es de bastante utilidad el uso de bombas para desalojar el agua.

La cubierta final del relleno debe tener una pendiente que permita un fácil escurrimiento de agua de la lluvia. La pendiente dependerá de la resistencia del material o de la erosión y del uso que se vaya a dar al relleno terminado.

Protección del Manto Freático.- Un aspecto básico en el diseño y funcionamiento del relleno sanitario es el impedir que exista algún contacto entre los desechos y las corrientes-

o depósitos subterráneos de agua. No existe una regla general que indique la distancia a la que deben estar los rellenos sanitarios de un manto acuífero. Normalmente es suficiente una distancia de 1.5m. Los contaminantes de tipo mineral pueden viajar grandes distancias a través del suelo o de formaciones rocosas.

Además de estas consideraciones, se deben tomar en cuenta el uso actual y proyectado de las reservas de agua en la zona, el efecto del lixiviado en la calidad del agua del manto freático, la dirección de las corrientes subterráneas y la interacción del manto acuífero con otros y con agua superficiales. Ver figura No. 53

Para controlar el movimiento de los fluidos debe utilizarse una capa de material impermeable. Es muy común, por ejemplo, el uso de una capa de arena arcillosa bien compactada hasta un espesor que puede variar de 0.3 hasta 1m puede utilizarse también materiales sintéticos, como el polietileno o el cloruro de polivinilo, colocados en varias capas. Si se desea controlar el lixiviado y también el movimiento de los gases es recomendable dar preferencia al PVC, ya que es menos permeable a los gases. Las membranas deben ponerse con mucho cuidado para evitar perforaciones y roturas, colocando además una capa de arena a cada lado. Para controlar los fluidos se puede usar también como impermeabilizante el chapopote, que es barato y bastante efectivo.

Movimiento de los Gases.— Una parte en el diseño de un relleno sanitario es el control del movimiento de los gases de descomposición, principalmente CO_2 y CH_4 , aunque también existen el sulfuro de hidrógeno y amoníaco. Ver fig. No. 54

Fig. No. 53 Esquema del Relleno Sanitario, Lixiviado y Aguas Subterráneas

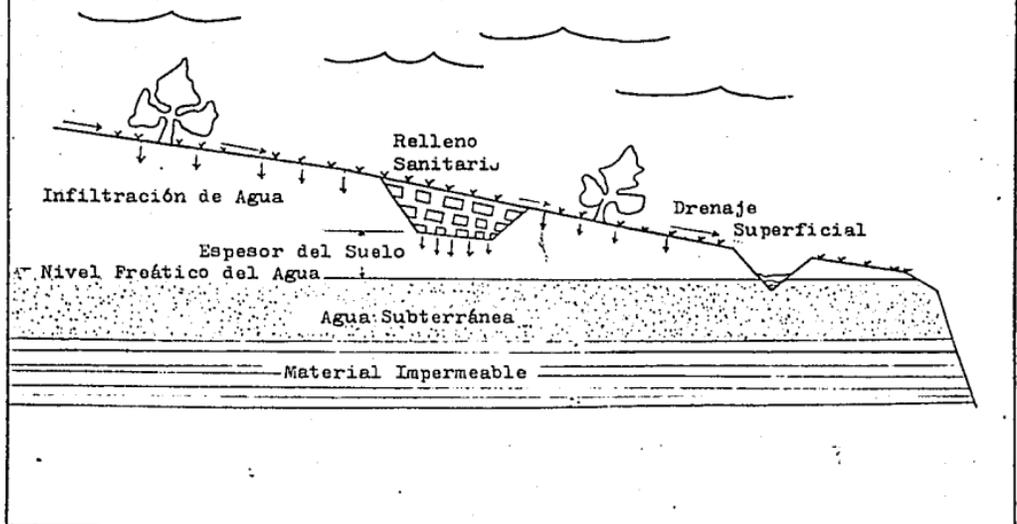
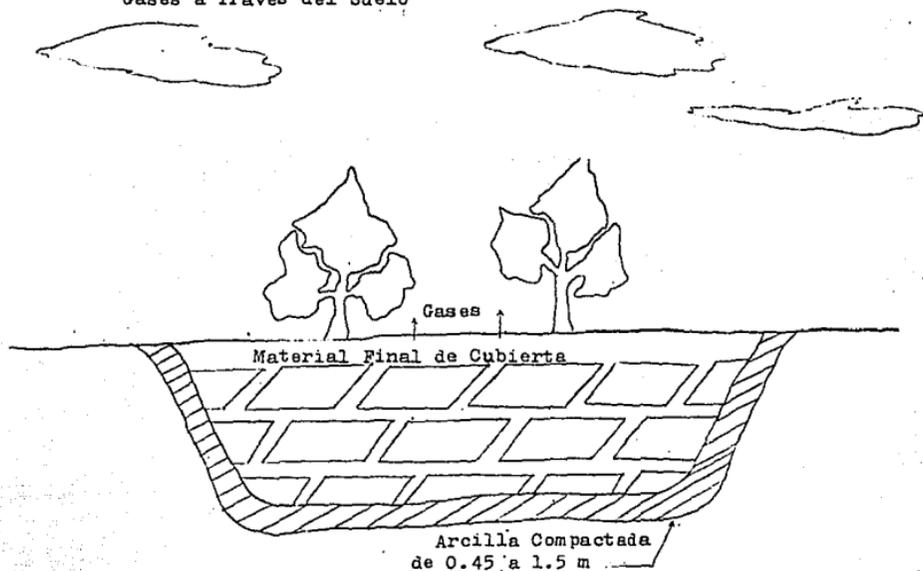


Fig. No. 54 Barrera de Arcilla Compactada para Eliminar el Movimiento de los Gases a Través del Suelo



El metano es un gas incoloro e inodoro que es altamente explosivo en concentraciones del 5 al 15% en presencia de oxígeno. Se han presentado casos de metano producido en un relleno que se acumula en drenajes o construcciones cercanas, provocando explosiones.

El movimiento lateral de los gases se puede prevenir usando un material que bajo cualquier circunstancia sea más permeable que la tierra de la zona de trabajo. En este caso se usan respiradores o trincheras llenas de grava. Es conveniente que estos respiradores sean más profundos que el relleno, para asegurar que los gases que fluyan lateralmente sean interceptados. Estos respiradores deben tener una cierta pendiente y drenaje pluvial para evitar que la tierra adyacente y la arrastrada por el agua los llegen a taponar. Ver fig. No.55 y 56

Operación de un Relleno Sanitario.— Un plan de operaciones es esencialmente un compendio de las especificaciones para la construcción y debe incluir los siguientes datos: horas de operación, flujo del tráfico y procedimiento de descarga, designación de áreas específicas para ciertos desechos, métodos de manejo y compactación para diferentes clases de desechos sólidos, colocación del material de recubrimiento, operaciones en climas adversos, control de incendios y selección de desperdicios útiles si se permite.

Olores.— Para mantener el mal olor en el mínimo se recomienda lo siguiente: recubrir rápidamente la basura tan pronto como sea vertida, recubrir diariamente los residuos con una capa suficientemente gruesa, tapar las grietas que se produzcan en las zonas terminadas y la eliminación de charcos en la superficie.

Fig. No. 55 Zanjas Rellenas de Grava para el Control de Gases en un "Relleno Sanitario"

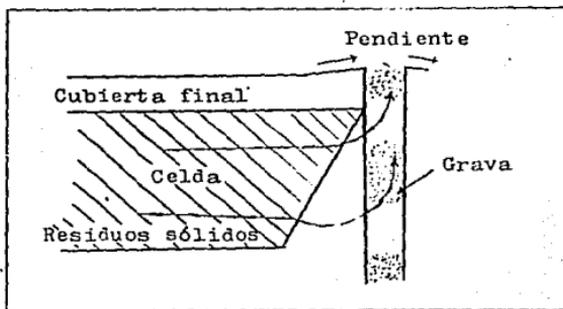
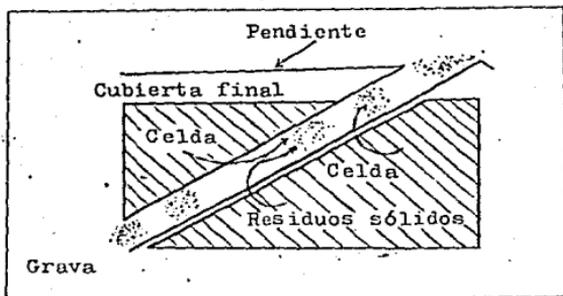
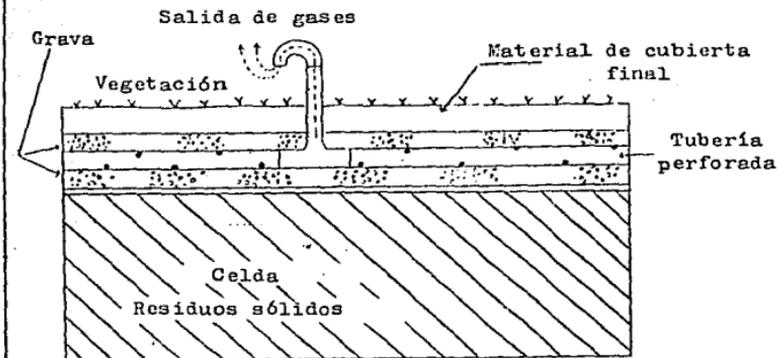


Fig. No. 56 Sistema de extracción de gases por medio de ductos o tubos colocados debajo de una cubierta relativamente impermeable. Los ductos se conectan a zanjas laterales



Métodos de Rellenos Sanitarios.- El método elegido - depende del sitio. De acuerdo con la topografía del terreno el método empleado, puede ser: trincheras, área y rampa.

a) Método de Trincheras.- Este método consiste en la excavación de una o varias trincheras con dirección normal a los vientos dominantes de la región, una vez; terminada la zanja - se deposita la basura en ella y se compacta para luego cubrir la con una capa de tierra que de hecho es la tierra de excavación de la misma zanja. Aquí se dispone de grandes cantidades de material de recubrimiento, ya que la cantidad excavada es - mucho mayor que la usada. El fondo de las trincheras debe tener una ligera pendiente que permita un drenaje adecuado de -- las celdas; la misma precaución debe tomarse con la cubierta - para evitar la entrada de agua por la superficie. Este método es adecuado para terrenos más o menos planos, generalmente el método de trincheras se usa cuando el nivel del agua subterránea es bajo y la capa de tierra en el suelo tiene un espesor mayor de 2m. Ver figura No. 58

b) Método de Área.- El método de área consiste en esparcir los desechos conforme van siendo descargados, compactados - contra la base de los taludes naturales o artificiales que se tengan y posteriormente cubrirlos con una capa de tierra, que puede obtenerse en el sitio o ser traída de algún lugar cercano. Este método se usa cuando se tienen taludes naturales o artificiales, hondonadas, barrancas, depresiones, 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.

El método de área ofrece la ventaja de que pueden acomodarse - grandes volúmenes de basura. Ver figura No. 57

c) Método de Rampa. - El método de rampa, se usa de preferencia en terrenos con pendiente o rampa natural, ondulados- y también en lugares pantanosos y de alto nivel del manto freático.

La basura se vuelca en la pendiente, se compacta y se recubre con una capa de tierra, se continua la operación avanzando sobre el terreno conservando la rampa; de esta manera se va nivelando la pendiente natural del terreno. Ver figura No. 59

Los tres métodos anteriores tienen una característica en común, que es la construcción en base a celdas. Los desechos sólidos recibidos se esparcen y compactan dentro de una área determinada. Al final de cada día ó varias veces durante él, se cubren con una capa de tierra, la cual también es compactada. Los desechos compactados y la cubierta de tierra constituyen lo que se llama celda. Varias celdas de la misma altura constituyen un nivel y varios niveles van a formar parte de un relleno sanitario.

Las dimensiones de una celda dependen del volumen de los desechos ya compactados y este, a su vez, depende de la -- densidad de los desechos sólidos. La densidad de los desechos ya compactados en una celda debe ser de aproximadamente 500 -- Kg/m³, pero puede tenerse un valor mayor si se tienen cantidades de materiales de demolición, vidrio o materiales inorgánicos compactos. La densidad puede tener valores bajos, esto sucede cuando en los desechos hay predominio de ramas de árboles y arbustos, plásticos, fibras sintéticas, etc. estos materiales presentan una gran tendencia a recuperar su tamaño original.

METODO DE AREA

Figura No. 57

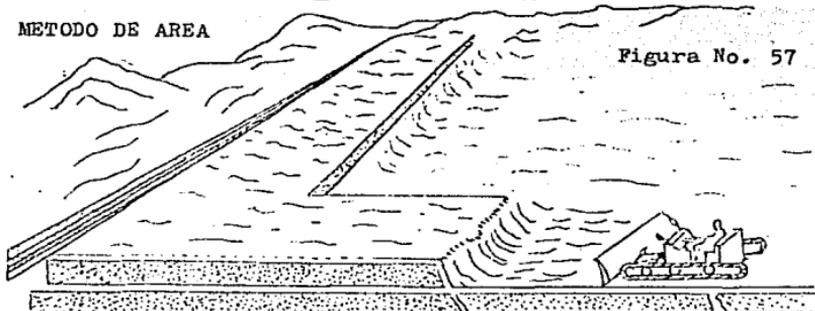
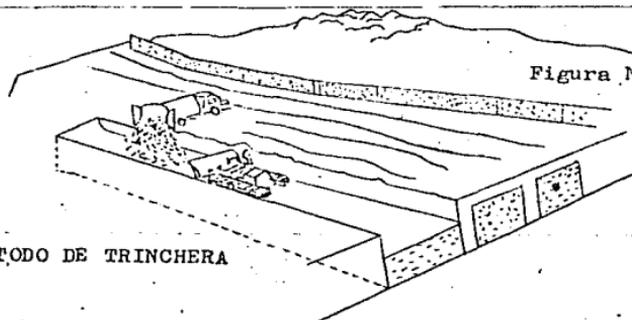


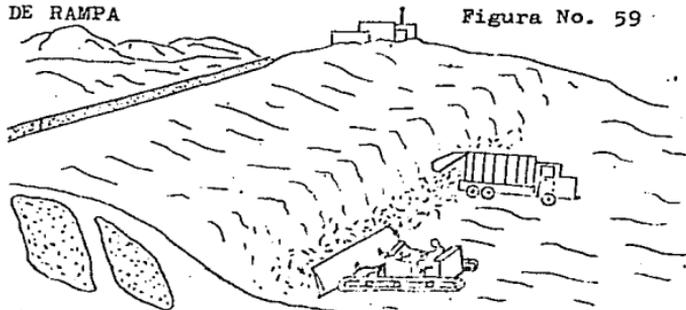
Figura No. 58

METODO DE TRINCHERA



METODO DE RAMPA

Figura No. 59



Ventajas y Desventajas del Relleno Sanitario:

Ventajas:

- a) Los rellenos sanitarios, no producen molestias y sirven para nivelar y recuperar terrenos inservibles.
- b) Pueden usarse combinaciones de rellenos sanitarios.
- c) Los rellenos sanitarios, se pueden localizar cerca de áreas pobladas, con lo que se reducen las distancias de acarreo.
- d) La inversión inicial es baja así como el costo de operación

Desventajas:

- a) No siempre se dispone de terrenos adecuados para los rellenos sanitarios.
- b) Se requieren áreas de terreno relativamente grandes que no siempre se encuentran cercanas a las áreas pobladas.
- c) Los terrenos, después de los rellenos, presentan algunas dificultades para construcciones pesadas.
- d) Los rellenos sanitarios, pueden contaminar aguas subterráneas si no se tiene la precaución de hacer una buena selección de los terrenos y así como de su construcción.

En las figuras de la No. 60 a la No. 67 se pueden apreciar los equipos más usados en rellenos sanitarios.

A continuación mencionaremos otros métodos de disposición final más recientes.

6.5. PIROLISIS

El método consiste en someter los desechos sólidos a un calentamiento de 500 a 1,000°C en ausencia de oxígeno, lo

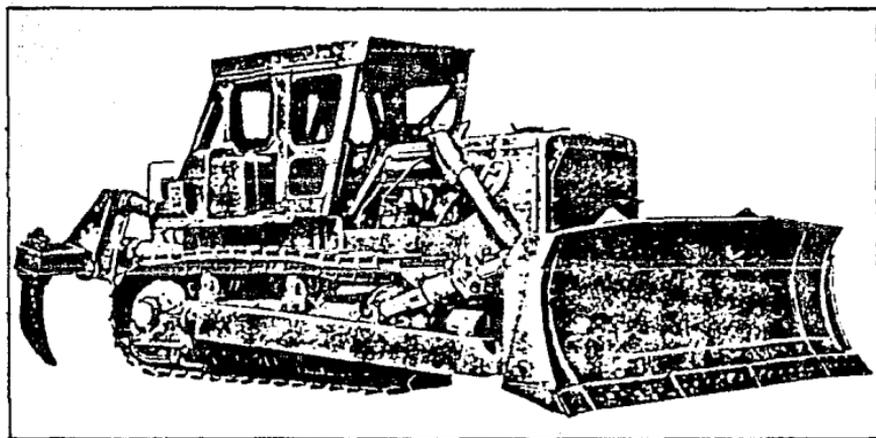


Fig. No.60 Tractor Sobre Orugas

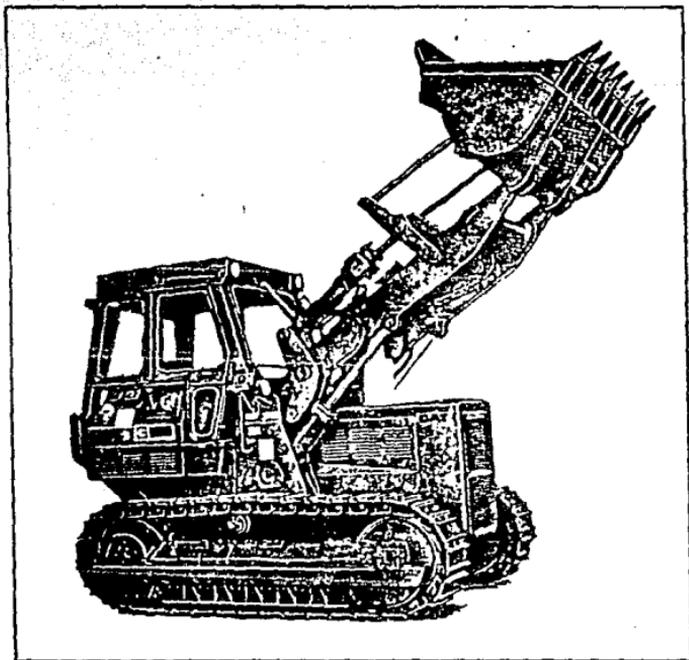


Fig. No.61 Cargador Sobre Orugas

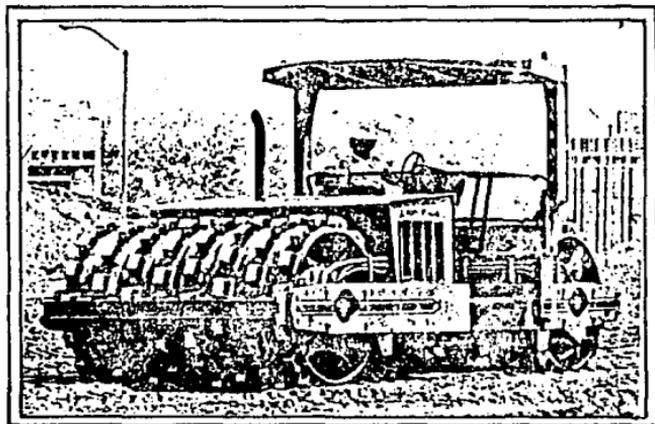


Fig. No.62 Compactador "Pata de Cabra"

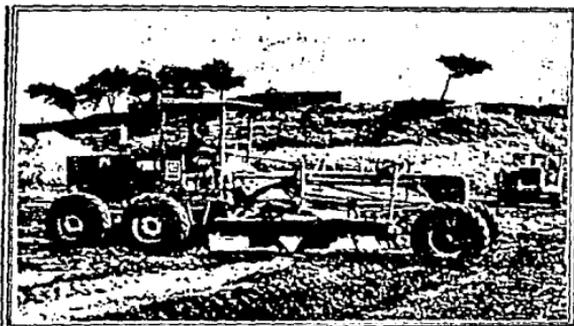


Fig. No.63 Motoconformadora

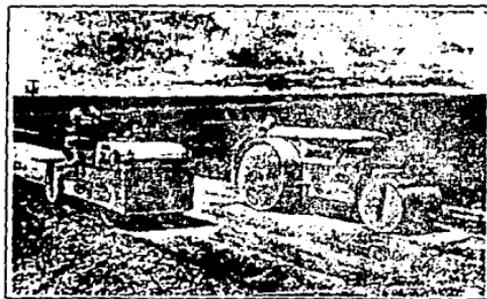


Fig. No.64 Compactador Estático

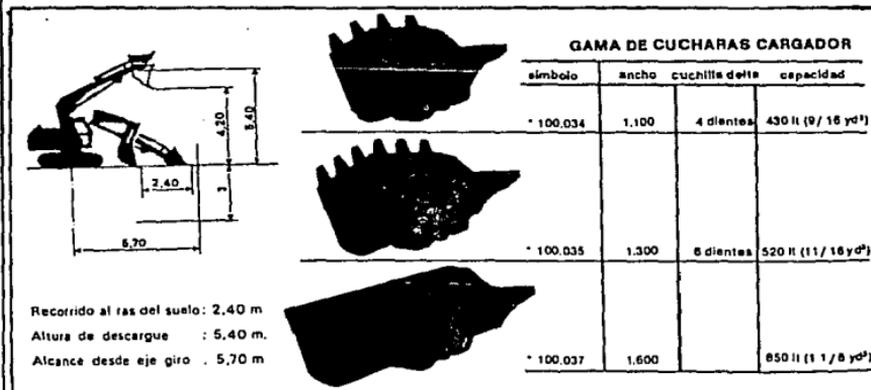
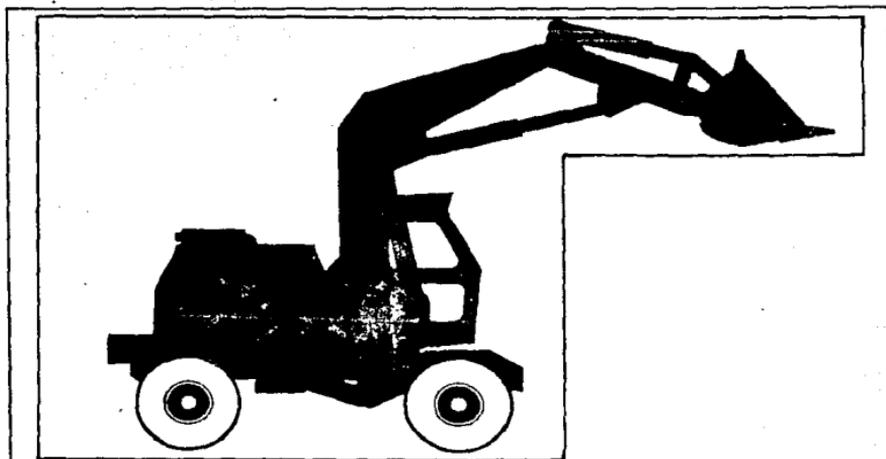
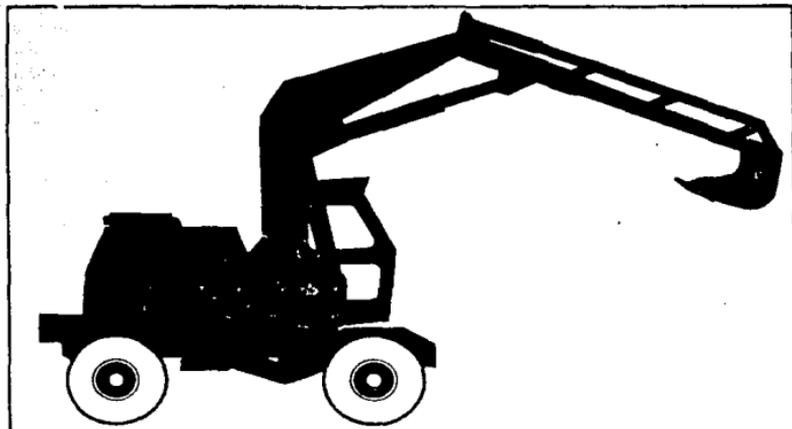


Fig. No.65 Cucharón Cargador Frontal



con brazo estándar

Altura de excavación: 7.30 m

Altura de volteo: 6.00 m

Alcance: 8.30 m

profundidad 5.50 m

símbolo	GAMA de cucharas Retro	Ancho	Dientes	Capacidad
11081	CUCHARA RETRO con ejector	150		300
12000		150		300
12041	CUCHARAS RETRO	150		300
12081		1000		300
12081		1150		300
12081		1000		300

Fig. No.66 Cucharón "Retro"

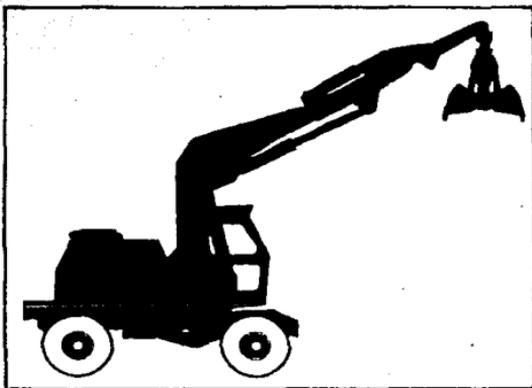


Fig. No.67 Cucharón de Almeja

que favorece el rompimiento de los enlaces químicos de las moléculas de peso molecular elevado en otras más pequeñas. La aplicación de este proceso a los residuos sólidos da como productos aceites ligeros, gases combustibles, alquitrán, agua y carbón activado.

En este mismo método también se puede obtener un barril de aceite por cada tonelada de residuos sólidos. Ver fig. 68.

6.6. REDUCCION

La reducción consiste en los procesos físico-químicos a que se someten los desperdicios para extraerles las grasas que contienen y aprovechar también los materiales sólidos que los forman.

Al someter los desperdicios a los procesos indicados se separan las grasas, las que resultan de baja calidad y se utilizan en la fabricación de jabones, velas, gliserinas, etc. En cuanto a las materias sólidas que forman la mayor parte de los desperdicios, son empleadas en la composición de abonos de buena calidad por estar formada de materia orgánica animal y vegetal.

La reducción de desperdicios es una forma muy relativa de eliminación de basuras, en vista de que se aprovechan únicamente la bazofia y para ello es necesario desde un principio el almacenamiento domiciliario en forma separada.

Existen dos métodos generales de reducción, el proceso en seco y el proceso húmedo:

El primero es más sencillo y consiste en triturar y secar los desperdicios, después se colocan en tanques donde se tratan con disolventes (gasolina, vecina o nafta), en seguida, se --

destilan los disolventes separándose la grasa y se vuelven a usar.

En este proceso se desprenden gases de olores sumamente desagradables.

El método húmedo, consiste en colocar la bazoña en tanques cerrados donde se hierve, evitando así que se escapen malos olores, después se separan las grasas del caldo resultante; los sólidos se tratan con disolvente para que elimine por completo toda la grasa. Ver fig. 69.

6.7. HIDROLISIS

El proceso consiste básicamente en someter la materia orgánica a temperaturas de 135 a 195°C en una solución acuosa que puede ser un ácido o una base fuerte en un digestor estacionario, para convertir los materiales celulósicos en azúcares fermentables.

La materia orgánica que se encuentra presente en un alto porcentaje en las basuras urbanas, está constituida principalmente por tres componentes que son: celulosa, hemicelulosa y lignina, mismos que pueden ser convertidos por hidrólisis en carbohidratos simples algunos de los cuales pueden ser fermentados para la producción industrial de alcohol, ácido cítrico, forraje para animales y hasta proteínas para la alimentación humana. Ver fig. 70

6.8. DISPOSICION FINAL EN OTROS PAISES

A continuación mencionamos otros métodos de dispo-

Figura No. 68 PIROLISIS

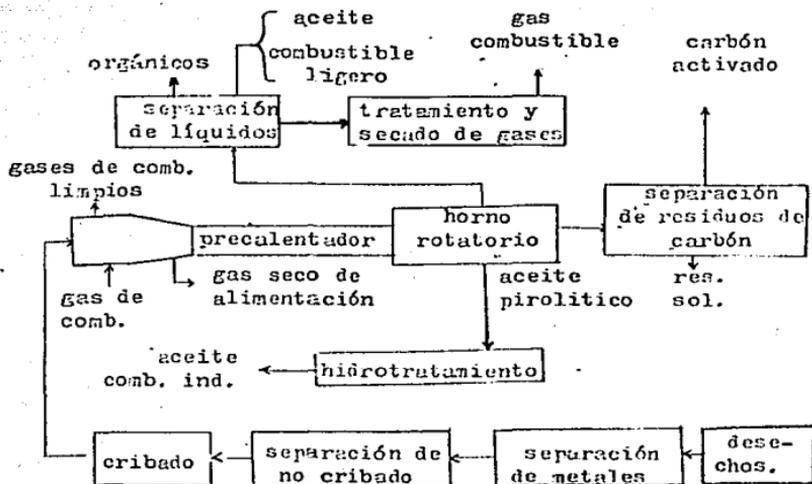


Figura No. 69 REDUCCION

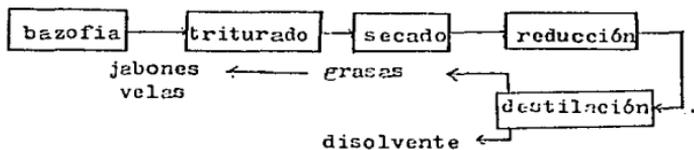
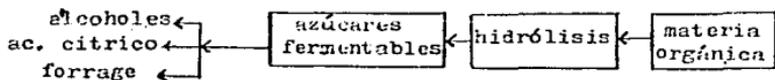


Figura No. 70 HIDROLISIS



ción final de la basura que se están realizando en algunos países, muchos de estos métodos todavía están en fase de experimentación.

- Alemania del Oeste está dependiendo cada vez más de la incineración para la disposición de sus desechos sólidos, mientras que Japón tiene un extenso programa de reciclado de sus desechos sólidos industriales y domiciliarios.

- En la República Federal de Alemania hicieron análisis de gas en el terreno de los rellenos sanitarios mostrando que después de dos años de la desgasificación de los rellenos sanitarios es posible la recultivación.

- En la India se lleva a cabo la producción de biogas, digestión anaerobia, pirólisis, composteo, incineración, relleno sanitario de los desechos industriales, comerciales, domiciliarios, de hospitales, oficinas y de estaciones de ferrocarril.

- En Inglaterra obtienen aceite de la porción celulósica de la basura, de los cuales el vidrio y metales han sido separados. La obtención del aceite se lleva a cabo en un autoclave, la alimentación está en suspensión con un solvente anónimo la conversión ocurre a 65 atm. y 350°C. El tiempo de conversión es en pocos minutos. El aceite producido tiene un valor calorífico de alrededor de 40,000 MJ/ton m. El solvente y el catalizador son completamente recuperados y el catalizador no sufre envenenamiento.

- En Japón están obteniendo energía de los desechos plásticos, en un gasificador de lecho fluidizado, Por cada tonelada de desechos plásticos como polietileno, poliestireno y propileno se obtienen 200 litros de aceite combustible.

- En Alemania Federal están obteniendo de los desechos orgánicos sintéticos aceite combustible. Vía un nuevo proceso de hidrogenación a escala laboratorio. El proceso se puede llevar a cabo con residuos de pinturas, desechos plásticos de la industria, llantas y desechos plásticos domiciliarios, el proceso acepta estas sustancias en forma impura como con sobran--tes de comida. El aceite obtenido puede ser usado en procesos--convencionales de refinación de aceite crudo. En el proceso, - los desechos son trozados, alimentados a un reactor donde se - lleva a cabo la hidrogenación a temperaturas de 300 a 500°C y--presiones superiores a 400 bars. La cantidad de hidrógeno a --ser agregado depende del tipo de desechos a tratar.

- En Estados Unidos producen gas, aceite combustible y carbón a partir de neumáticos mediante pirólisis. En el proce--so las llantas son desmenuzadas y transferidas a un reactor tu--bular donde son calentadas a 1,500°F en ausencia de oxígeno, en un segundo equipo el gas es generado durante la pirólisis, - en este mismo equipo (reactor) también es generado el aceite y el carbón. La planta produce diariamente 100 millones de BTU - mediante la síntesis del gas, 2,184 galones de aceite y 17,000 libras de carbón a partir de 24 ton. de llantas.

- En Estados Unidos se esta obteniendo plata en una --planta piloto a partir de basura fotográfica.

- En Estados Unidos están obteniendo metanol, a partir--de cascara de frutas cítricas (limón, naranja, lima, etc.), - esto se esta realizando a nivel laboratorio. El proceso consis--te en secar las cascara de los cítricos, cortarlas en peque--ñas piezas (alrededor de 5mm) y remojarlas en una solución de - NaOH de donde se libera el metanol. El metanol entonces es re--

cuperado de la solución acuosa por destilación, también pueden usarse en la extracción del metanol, CaOH o CaO siempre y cuando el pH se mantenga entre 9 y 10.

- En Estados Unidos se produce etanol a partir de cascara de papa, esto se logra mediante fermentación y tratamiento físico-químico de la cascara de papa.

- En Estados Unidos se esta reciclando botellas de plástico en una planta altamente automatizada, el proceso consiste en granulación, removimiento del papel, recuperación de aluminio, y separación del polietileno tereftalato de las botellas cuya base es material de polietileno de alta densidad. Un precipitador electrostático recupera el aluminio, mediante las propiedades de flotación del agua, es aprovechada para separarlos dos plásticos basandose en sus diferentes densidades.

6.9. DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN EL D.F.

La planeación, ejecución y control del servicio de limpieza en la ciudad de México, es responsabilidad de un organismo central, que es el D.D.F., apoyandose para el efecto en dos secretarías generales que le dependen, la de gobierno y la de obras.

En la estructura orgánica de la Secretaría General de Obras, se contempla la Dirección General de Servicios Urbanos, la cual está facultada para atender lo relativo al tratamiento y disposición final de los desechos sólidos generados en el D.F.

La Dirección General de Servicios Urbanos cuenta con dos áreas que atienden los aspectos de tratamiento y disposi--

ción final y el apoyo operativo a delegaciones, siendo éstas - la Dirección de Desechos Sólidos y la Coordinación de Programas de Apoyo en Limpia e Imagen Urbana.

La Dirección de Desechos Sólidos organizacionalmente está estructurada con tres subdirecciones y ocho unidades departamentales, responsables de desarrollar lo referente a investigaciones, estudios y proyectos, relacionados con el manejo y control de los desechos, la estructuración, rehabilitación, mantenimiento y operación de plantas procesadoras, además de la construcción y operación de sitios de disposición final.

En la Ciudad de México por comodidad y tradición se había optado por el método más simple de disposición final: tiraderos a cielo abierto, de los cuales a últimas décadas venían funcionando 8, Santa Cruz Meyehualco, Santa Fé, Tláhuac, Tlalpan, Milpa Alta, San Lorezo, Bordo Xochiaca y Santa Catalina, distribuidos en la periferia de la ciudad reflejándose en altos grados de contaminación.

Sobre la clausura de tiraderos a cielo abierto, cabe señalar que en 1982 existían 8, de los cuales a la fecha se han eliminado todos, destacando por su importancia y dimensión el tiradero de Santa Cruz Meyehualco que, con la extensión de 150 hectáreas, llegó a constituirse a lo largo de 40 años en un centro de influencia que condicionó al sistema del manejo de los desechos sólidos en su conjunto y representó uno de los principales focos de contaminación del ecosistema urbano.

En 1983 se iniciaron las obras de saneamiento del tiradero de Santa Cruz Meyehualco. La capa de desechos fue esparcida, nivelada y posteriormente cubierta con material arcilloso arenoso con el fin de evitar la entrada de agua pluvial y, en-

consecuencia, una mayor generación de lixiviado. Así mismo se perforaron 108 pozos de venteo de biogas para evitar los riesgos de incendios o explosiones en el sitio.

La inconformidad de la ciudadanía por la presencia de tiraderos cerca de sus hogares, así como la preocupación del gobierno por el deterioro del medio ambiente del D.F., motivó al D.D.F. a terminar definitivamente con la disposición de desechos sólidos en tiraderos a cielo abierto. Igualmente, la contaminación de acuíferos que se había detectado en el oriente de la ciudad motivó que se considerará necesario operar rellenos sanitarios.

Se celebraron entonces convenios con los líderes de los pepenadores para poder clausurar y sanear los distintos tiraderos existentes. Únicamente se dejaban en operación Santa Fé y Santa Catarina, en donde continuarían las actividades de pepena.

En 1985 se clausuró el tiradero de San Lorenzo Tezoco que ocupaba el tercer lugar en importancia en el D.F., al recibir alrededor de 2,000 ton/día de basura y albergara más de 2,500 pepenadores.

En febrero de 1985, el D.F. contaba ya con su primer relleno sanitario, Bordo Poniente, controlado totalmente por el D.D.F., en el que no se permitió, desde su inicio, pepena alguna.

En mayo de 1987 se cerró el tiradero de Santa Fé, -- que por 35 años constituyó un sitio tradicional de disposición final de la ciudad de México. En tal sentido, el D.D.F. realizó de manera paralela dos diferentes acciones. Una de ellas -- consistió en seleccionar un sitio factible para utilizarse co-

mo relleno sanitario en corto plazo. La otra fue la celebración de convenios con los líderes de los pepenadores para que aceptasen trasladarse al nuevo sitio de disposición final, en el que se permitiría la pepena controlada durante el día, siendo cubiertos los desechos con una capa de tierra durante la noche.

Como una medida de beneficio para los pepenadores, - el D.D.F. se comprometió a dotarlos de viviendas dignas, con los servicios básicos.

De tal forma, y después de que un estudio mostró que el predio "Prados de la Montaña" era la mejor opción para operar un relleno sanitario en el futuro inmediato, se procedió - a clausurar y sanear paulatinamente el tiradero de Santa Fé.

Prados de la Montaña, ubicado a 1 Km al poniente del tiradero citado, fue acondicionado mediante obras diversas, -- que incluyeron la ampliación del socavón para incrementar la vida útil del sitio y la construcción de drenes para captación de agua pluvial y lixiviado.

En noviembre de 1987 comenzó a operar este relleno - sanitario, al tiempo que se inició la construcción de la unidad habitacional Tlayapaca, a unos 100m del sitio de disposición.

La unidad se terminó en 1988 y cuenta con múltiples - servicios, como jardín de niños, escuela primaria, mercado, -- etc. En ella habitan 510 familias de pepenadores, las que aungdas a las 206 que anteriormente habían sido reubicadas en la - colonia "El Cuervo" constituyen la totalidad de familias que anteriormente vivían en el tiradero de Santa Fé.

Después de sanear el área superficial del tiradero -

de Santa Fé. Para 1988 el sitio se había transformado en un --parque metropolitano, coadyuvando así a la recuperación de espacios para reserva ecológica dentro del D.F.

En 1988 se clausuró el tiradero a cielo abierto de - Santa Catarina, el cual inicio su operación como relleno sanitario con una superficie de 30.2 hectáreas y una vida útil de 5 años.

En los tres rellenos sanitarios existentes actualmente se recibe el 100% de los desechos generados diariamente en el D.F.

En 1988 se clausuraron también los tiraderos de Tlalpan, Milpa Alta y Tláhuac.

Posteriormente al proceso de clausura, se ha llevado a cabo la regeneración de sitios mediante su preparación para convertirlos en áreas verdes y parques recreativos.

En lo referente a la industrialización de los desechos sólidos, en la ciudad de México se cuenta con una planta - industrializadora, ubicada en el bosque de San Juan de Aragón- dicha planta es administrada por la delegación Gustavo A. Madro ro.

Las plantas industrializadoras de desechos sólidos - de este tipo, permiten la obtención de un producto regenerador de suelos previa la separación y aprovechamiento de subproductos reprocessables en la industria.

Esta planta que originalmente fue diseñada para procesar 500 ton/día, pero que puede incrementar su capacidad has ta 750 ton/día, opera actualmente a casi un 10% de su capacidad máxima, procesando unicamente 60 ton/día que provienen de - la recolección de la propia delegación.

De los desechos sólidos recolectados se puede obtener: fertilizante ("compost") a partir de la materia orgánica, el papel y el cartón se separan y se venden para fabricar cartón de menor calidad, el plástico de película se vende para la fabricación de tubo conduit, el vidrio se vende por separado, - el incoloro y el de color, el trapo se vende a fábricas para producir estopa, borra, etc., el plástico rígido se vende para la fabricación de cubetas y juguetes.

El procedimiento que se sigue para la obtención del "compost" y la separación de los subproductos se describe en los párrafos siguientes:

Para efectos de control y suministro correcto de desechos a la planta se cuenta con una caseta con dos básculas - del tipo puente, con capacidad de 30 y 50 toneladas, una rampa de acceso permite la descarga de los vehículos de transporte - de residuos hacia la fosa de recepción de la cual, mediante -- una grúa viajera tipo almeja, la basura es alimentada a bandas de selección de subproductos, donde manualmente son separados: papel, cartón, trapo, metal no ferroso, vidrio transparente, - verde y ambar, y plástico.

El rechazo de las bandas es enviado a molinos de martillos que lo trituran, para poder ser conducido hacia las pilas de composta, en donde mediante fermentación aeróbica la basura se convierte en material estable.

Previo a su transporte hacia la zona de composteo, - el material ferroso es separado por medio de un electroimán. - La composta ya estabilizada es nuevamente molida y cribada para ser utilizada como abono.

En la planta se cuenta con un laboratorio químico --

donde se realizan pruebas del proceso de fermentación, se determinan contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, etc. y se lleva el control de la calidad del producto.

Cabe destacar, que en la planta se observa el problema que se considera más grave en la administración del D.D.F. y que es la carencia de un mantenimiento programado a los equipos electromecánicos.

Actualmente se encuentra en proceso de prueba un incinerador de 150 ton/día de capacidad, para incinerar desechos de hospitales. Este incinerador se encuentra ubicado en el bosque de San Juan de Aragón adyacente a la planta industrializadora de desechos sólidos.

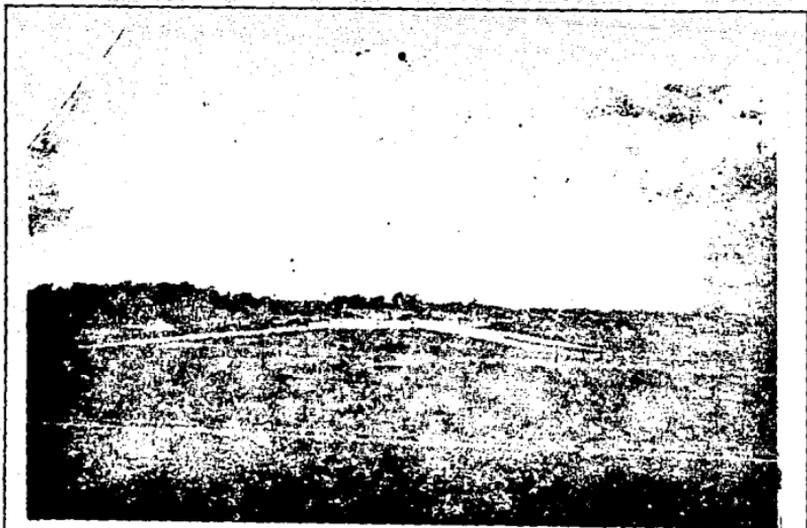
En las fotografías siguientes, se muestra:

- Fotografía No. 7: Se puede apreciar, como fue el tiradero de -- Sta. Fé.
- Fotografía No. 8: Se puede apreciar, la Alameda Poniente (antes tiradero de Sta. Fé.)
- Fotografía No. 9: Se puede apreciar, la entrada al Relleno Sanitario "Prados de la Montaña".
- Fotografía No. 10: Se puede apreciar, el Relleno Sanitario "Prados de la Montaña".
- Fotografía No. 11: Se puede apreciar, la "Unidad Habitacional - Tlayapaca".
- Fotografía No. 12: Se puede apreciar, la entrada a la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos, ubicada en el bosque de San Juan de Aragón.

Fotografía No. 13: Se puede apreciar, la Planta Incineradora de Desechos Sólidos (todavía en proceso de pru eba), la cual también se encuentra ubicada en el bosque de San Juan de Aragón.



Fotografía No. 7: Tiradero de Sta. Fé.



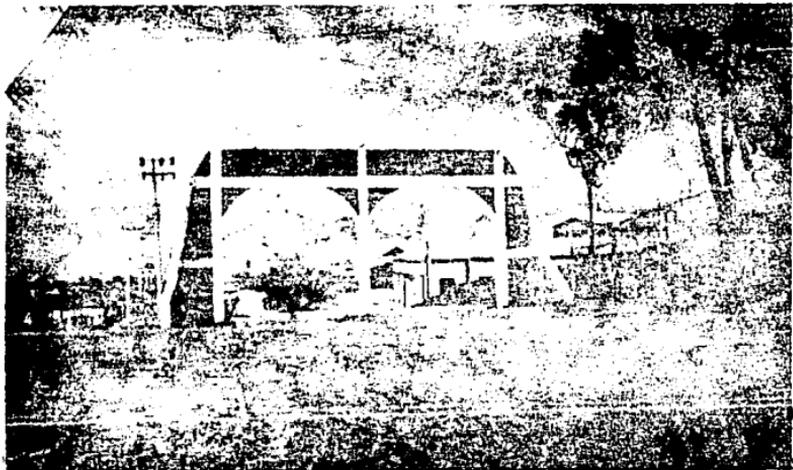
Fotografía No. 8: Alameda Ioniente (antes tiradero de -
Sta. Fé.)



Fotografía No. 9: Entrada al Relleno Sanitario "Frados -
de la Montaña".



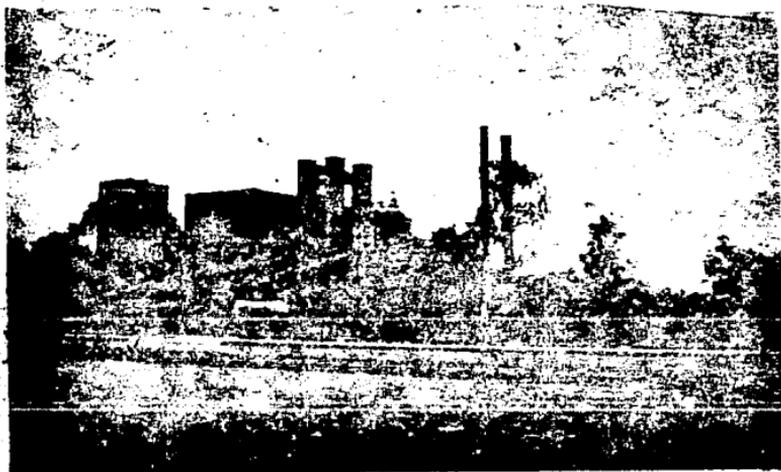
Fotografía No. 10: Relleno Sanitario "Prados de la Montaña".



Fotografía No. 11: "Unidad Habitacional Tlayapaca".



Fotografía No. 12: Entrada a la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos (ubicada en el -- bosque de San Juan de Aragón.).



Fotografía No. 13: Planta Incineradora de Desechos Sólidos (ubicada en el bosque de San Juan de Aragón.).

CAPITULO VII

VII. SELECCION DE ALTERNATIVAS

La basura no se debe considerar como algo sin valor sino como un recurso natural reaprovechable el cual se puede reciclar tantas veces como sea necesario.

Evaluando los métodos básicos existentes, sus posibles combinaciones, ventajas y desventajas, sus posibilidades y limitaciones para disponer de los residuos sólidos, la cantidad de basura generada diariamente, así como sus características se puede observar que para solucionar de forma efectiva -- los problemas que presenta la disposición final de la basura -- en el D.F., existen tres alternativas técnicamente adecuadas -- las cuales son: la fabricación de "compost" con separación de -- subproductos reutilizables, la incineración y el relleno sanitario.

7.1. ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Considerando la cantidad de basura generada en el -- D.F. que es de aproximadamente 12,000 ton/día, de la cual más del 40% de los desechos urbanos son materia orgánica por lo -- que este porcentaje se puede transformar en "compost", por otro lado más del 30% de los desechos sólidos urbanos son económicamente aprovechables, los cuales se pueden reciclar en las industrias correspondientes. Con lo anterior se deduce que más del 70% de los desechos sólidos se pueden aprovechar si se instalan plantas para producir "compost" con separación de desechos --

económicamente aprovechables, del porcentaje restante, algunos desechos son combustibles, los cuales se pueden incinerar en incineradores, otros son inertes, los cuales se pueden enterrar - en rellenos sanitarios sin causar problemas de lixiviación ni contaminación puesto que estos residuos son inertes, por lo cual pueden ser incorporados a la naturaleza sin alterar el equilibrio ecológico.

A continuación, se puede apreciar en la tabla No. 10 los costos a que ascendían (de un estudio realizado en 1984), cada uno de los tres métodos básicos de disposición final.

TABLA No. 10

CONCEPTO	INDUSTRIALIZACION	INCINERACION	RELLENO SANITARIO
Capacidad	3,000 ton/día	1,000 ton/día	1,000 ton/día
Costo de la Planta	\$3,970x10 ⁶	\$13,255x10 ⁶	\$1,958x10 ⁶
Terreno	30 hectáreas	3 hectáreas	52 hectáreas
Vida útil	20 años	20 años	10 años
Operación	300 días	300 días	310 días
Costo de energía eléctrica	\$7.00 Kw/h \$203,683/día	\$5.00 Kw/h \$553,800/día	-----
Trabajadores	8 1/2 turnos	6 2/2 turnos	50/2 turnos
Costo total de operación	\$2,034/ton	\$9,587/ton	\$952/ton
Tiempo de construcción	18 a 24 meses	24 a 30 meses	6 meses

FUENTE: SEDU: "Manejo y Control del Sistema Generador-Receptor de Residuos Sólidos en las Unidades Urbanas del D.F. (Disposición Final)". Diseño, Ingeniería y Planeación S.A. de C.V. 1984. (9).

De los datos de la tabla No.10, nos podemos dar cuenta que el método más económico es el Relleno Sanitario y el -- más caro la Incineración; estos 2 métodos, además de ocupar -- poco personal, destruyen nuestros recursos naturales ya sea al enterrarlos o al quemarlos, en cambio con la Industrialización se genera un buen número de empleos y además no es muy caro.

Actualmente existen diversos métodos de disposición-final de desechos sólidos de los cuales sólo algunos de ellos se pueden adaptar a las necesidades y características del D.F. a nivel técnico, económico y práctico se puede considerar una-combinación de industrialización, incineración y relleno sanitario.

A continuación, se presenta un comentario de estas alternativas, las cuales las consideramos necesarias para el D.F.

7.2. FABRICACION DE "COMPOST" CON SEPARACION DE SUBPRODUCTOS

Esta alternativa consiste esencialmente en la separación eficiente de subproductos con valor comercial que pueden ser reutilizados, asimismo, la materia orgánica contenida en los residuos sólidos que no es comercializable puede ser -- procesada para la obtención de "compost", el cual puede ser -- utilizado como acondicionador de suelos.

Dentro de los subproductos principales se puede mencionar lo siguiente:

El papel y el cartón fuerón árboles ahora bien por -- cada tonelada de papel y cartón recuperado se dejarían de cortar 15 árboles. Árboles que purifican el aire, almacenan agua-

y hacen que llueva.

Los metales antes fueron minerales, los cuales por medio de un largo proceso donde se consumieron grandes cantidades de energía fueron transformados en los correspondientes metales y aleaciones.

Los plásticos provienen del petróleo, el cual es un recurso natural no renovable. Con el plástico recuperado se pueden hacer recipientes, juguetes, láminas y tablas que duran mucho más que las de madera.

El vidrio para ser vidrio antes se llevo a cabo un proceso para transformarlo de mineral a vidrio en el cual hubo un consumo de energía.

El trapo recuperado, el cual tuvo su origen en el algodón y fibras sintéticas el cual para su obtención hubo consumo de energía.

Por otro lado los desechos orgánicos que antes fueron árboles, frutas y legumbres, los cuales para su cultivo se necesitan de fertilizantes, se pueden transformar en "compost" (fertilizante) reintegrándose así a la naturaleza.

Por estas razones no debemos quemar o enterrar nuestros recursos naturales.

Dentro de las ventajas que presenta esta alternativa se pueden mencionar el rescate o conservación de recursos naturales, la recirculación de materiales, que en países como el nuestro es indispensable para algunas industrias; significativos ingresos por la venta de subproductos y creación de fuentes de trabajo estables para los pepenadores que se dedican actualmente a la pepena de la basura.

Entre las desventajas se pueden citar reducción de -

beneficios económicos por haber pepena previa realizada por -- los empleados del servicio de limpia.

Conjuntamente a este proceso se requiere usar méto-- dos complementarios como son la incineración y el relleno sani-- tario para la disposición final de los desechos sólidos que no sean ni materia orgánica ni subproductos económicamente aprove-- chables.

Con esta primera alternativa de solución que para no sotros es la mejor puesto que se puede aprovechar más del 70% de los desechos sólidos generados en el D.F.

7.3. INCINERACION

Teóricamente este método es el más higiénico, siem-- pre y cuando se cuente con el equipo y sistemas anticontaminan-- tes adecuados.

La incineración es un proceso de combustión que redu-- ce los desechos sólidos a CO_2 , H_2O , cenizas y materia inerte - que pueden ser retornables a la naturaleza sin alterar el equi-- librio ecológico.

Dentro de las ventajas que presenta esta alternativa se incluye lo siguiente: reducción del volumen de los desechos sólidos de un 85 a 90%; una buena opción, cuando no existen -- grandes áreas de terreno disponibles como es el caso de algu-- nas zonas en el D.F. o cuando el transporte no es económicamen-- te accesible; posible ubicación dentro de un área urbana, posi-- ble aprovechamiento del poder calorífico generado para produ-- cir vapor el cual se puede aprovechar para calentamiento o pro-- ducción de energía eléctrica. Por esta razón es recomendable -

instalar plantas incineradoras de desechos sólidos en las zonas industriales del D.F., para que este poder calorífico pueda ser aprovechado por dichas industrias y así poder abatir costos de operación y mantenimiento de esta alternativa. Las cenizas producidas se pueden aprovechar como agregado al asfalto abatiendo con esto aún más los costos de operación y mantenimiento de esta alternativa.

Entre las desventajas principales están: alto costo de equipo y operación el cual puede ser abatido notablemente si ese poder calorífico es vendido a la industria, otra desventaja es la inutilización de recursos naturales recuperables en el caso en que se quemen desechos sólidos que contengan materia orgánica y/o subproductos con valor comercial.

Conjuntamente a este proceso se requiere de rellenos sanitarios para la disposición final de las cenizas y material inerte en caso de no ser utilizados.

7.4. RELLENO SANITARIO

Para esta última alternativa, la cual es la más económica y no requiere de alta tecnología, es necesaria para depositar en ella lo que no pudo transformarse en "compost", lo que no se puede reciclar, ni lo que no se puede quemar o sea que no queda otro recurso más que enterrarlo. Por lo anterior se deduce que este tipo de desechos son solamente cenizas y materia inerte los cuales se pueden reintegrar a la naturaleza sin alterar el equilibrio ecológico por lo cual no se presentan problemas de contaminación ambiental ni lixiviados.

Las ventajas que presenta esta alternativa son: bajo

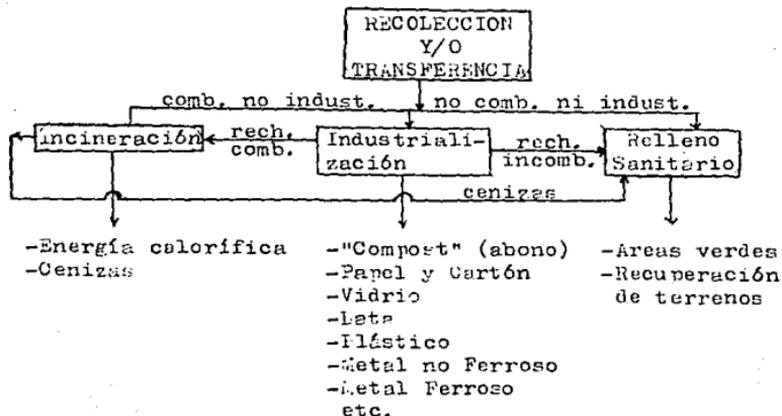
costo de operación, recuperación de sitios para áreas verdes, recreativas, agrícolas, etc.

Dentro de las desventajas se considera una solución temporal, por depender de la capacidad del sitio. El principal problema que presenta esta alternativa de disposición final de desechos sólidos en el D.F., es la dificultad cada día mayor de localizar sitios adecuados.

Por lo expuesto anteriormente respecto a las 3 alternativas, se puede deducir que estas son necesarias, si es que se quiere disponer en forma eficiente y adecuada el 100% de los desechos sólidos generados diariamente en el D.F.

En el cuadro sinóptico No. 7, se muestra la combinación de las 3 alternativas propuestas.

CUADRO No. 7



A continuación, en la tabla No. 11 se presenta un análisis de nuestras tres alternativas, las cuales como habíamos dicho es indispensable que se implanten en el D.F., las cuales son las siguientes:

- a) Industrialización como Alternativa No. 1
- b) Incineración como Alternativa No. 2
- c) Relleno Sanitario como Alternativa No. 3

TABLA No. 11

CONCEPTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Aprovechamiento de desechos sólidos	Bn.	R	B
Generación de bienes	Bn.	R	R
Inversión económica	Bn.	R	Ex.
Generación de empleos	Bn.	R	R
Recuperación de subproductos	Ex.	B	B
Contaminación	Ex.	Bn.	R
Requiere personal especializado	R	R	R
Requerimiento de terreno	Bn.	Ex.	R
Calificación	9	7.3	6.9

El análisis se realizó, considerando los beneficios (conceptos) que acarrea cada una de las 3 alternativas, este análisis se realizó tomando una escala de 1 a 10, para calificar cada una de nuestras 3 alternativas, considerando lo si---

guiente:

Escala: 1 a 10

0-5 Baja - B

6-7 Regular - R

7-9 Buena - Bn.

10 Excelente - Ex.

De la tabla No.11, podemos deducir que la mejor alternativa según la calificación es la Industrialización (alternativa No. 1), siguiendole la Incineración (alternativa No. 2) y finalmente el Relleno Sanitario (alternativa No. 3).

Nota:

En las conclusiones se hace un comentario respecto a lo anterior, en el cual se considera la situación económica por la que atraviesa el país, la cual es negativa, por lo cual consideramos como mejor alternativa al "Relleno Sanitario" en comparación a la "Incineración", puesto que la Incineración es el método más caro en comparación con las otras 2 alternativas.

7.5. OTRAS POSIBLES ALTERNATIVAS

Como el país produce una gran cantidad de alimentos de origen vegetal, de los cuales una buena cantidad son consumidos en el D.F., del cual no todo es consumido lo que origina la generación de desechos de este tipo, los cuales pueden ser aprovechados como es el caso de las cáscaras de cítricos y de las papas, de las cuales en E.U. están obteniendo alcoholes de

este tipo de desechos.

De las cascara de los citricos se puede obtener metanol y de las cascara de las papas se puede obtener etanol.

CAPITULO VIII

VIII. CONCLUSIONES

Tomando como premisas:

- a) Que la basura no se debe de considerar como algo sin valor por sus características.
- b) Que debe ser recuperada y reutilizada.
- c) Que la forma de vida de los pepenadores es inadecuada.
- d) Considerando la inversión que se necesita, para instalar cada uno de los 3 métodos básicos de disposición final.

Se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- CONCLUSIONES:

Tomando en cuenta: la cantidad (pág. 16) de basura generada actualmente en el D.F. (12,000 ton/día) (31), sus características, y considerando los 3 métodos básicos existentes se llegó a concluir que tanto la Industrialización de la basura para producir "compost" junto con la selección de subproductos, así como la Incineración y el Relleno Sanitario, es indispensable que se implanten en el D.F., para así poder realizar la Disposición Final Total y Adecuada de los Desechos Sólidos generados en el D.F.. Puesto que el 40% de los desechos sólidos generados en el D.F. son materia orgánica, la cual puede ser transformada en "compost", un 30% son desechos con valor comercial, los cuales pueden ser reciclados en las industrias correspondientes, se tiene un 70% de la basura generada la ---

cual puede ser tratada con la instalación de plantas de tratamiento y selección de subproductos en el D.F.; del 30% restante una parte puede ser incinerada (desechos combustibles) y la otra puede ser enterrada en rellenos sanitarios. Este tipo de desechos generalmente deben ser los residuos de la incineración, como son las cenizas y/o el material inerte, el cual no se puede ni reciclar ni producir "compost" ni incinerar.

- Otra conclusión a la que se llegó es que mediante la instalación adecuada de los 3 métodos básicos de disposición final, - se podría dar empleo a los pepenadores tanto en las plantas de tratamiento y selección de subproductos, como en los incineradores (previa capacitación) y rellenos sanitarios y así poder sacar de esa inmundicia en la cual está sumergida esta gente.

- Otra conclusión a la que se llegó es que, si el gobierno capitalino le dá la importancia adecuada al problema de la contaminación que generan los desechos sólidos, y ordena la construcción de plantas de tratamiento y selección de subproductos así como la construcción de incineradores y rellenos sanitarios adecuados, se lograría, además de reducir sensiblemente - el problema de la contaminación que provocan estos desechos, - la obtención de fertilizantes ("compost"), la reutilización de subproductos reciclables, áreas verdes, recuperación de terrenos y poder calorífico, los cuales se pueden obtener mediante los 3 métodos de disposición final correspondientes.

- Otra conclusión a la que se llegó, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Considerando que la cantidad de basura que se genera actualmente en el D.F. es de 12,000 ton/día (31).
- b) Considerando que se debe hacer una selección previa desde los centros de generación de los desechos sólidos y no hasta las plantas de tratamiento y selección de subproductos, de los diferentes tipos de basura (desechos orgánicos, reciclables, combustibles no reciclables y no combustibles o inertes).
- c) Considerando que el 40% del total de los desechos sólidos son materia orgánica, el 30% son desechos que pueden ser reciclables, el 20% son material combustible y el 10% restante son desechos no combustibles (inertes) ni reciclables.

- Se llegó a concluir que son necesarias 3 Plantas Industrializadoras con Selección de Subproductos, para tratar el 70% del total de los desechos sólidos (40% orgánico y 30% reciclable) generados diariamente en el D.F., lo que representan 8,400 ton/día del total de los desechos sólidos, por lo cual se requiere que estas plantas tengan una capacidad de 3,000 ton/día trabajando al 93% de dicha capacidad.

- También se concluyó que son necesarias 3 Plantas Incineradoras de desechos sólidos, para tratar el 20% del total de los desechos sólidos (material combustible no reciclable) generados diariamente en el D.F., lo que representan 2,400 ton/día del total de los desechos sólidos, dichas plantas deben tener una capacidad de 1,000 ton/día operando al 75% de su capacidad.

- Finalmente se concluyó que son necesarios 3 Rellenos Sanitarios (ya existentes), para depositar en ellos el 10% del total de los desechos sólidos (material no combustible o in-

te ni reciclable) generados diariamente en el D.F., lo que representan 1,200 ton/día del total de los desechos sólidos, por lo que se supondría que estos 3 Rellenos Sanitarios deberían tener una capacidad de 400 ton/día, pero los 3 Rellenos Sanitarios existentes tienen una capacidad aproximada de 2,000 ton/día ("Frados de la Montaña"), 4,000 ton/día ("Sta. Catarina") y 6,000 ton/día ("Bordo Poniente"), por lo que estos 3 Rellenos Sanitarios resultarían sobre diseñados, por sus grandes capacidades que tienen.

- Otra conclusión a la que se llegó, respecto al lugar donde se deban colocar las 3 plantas industrializadoras con selección de subproductos y las 3 plantas incineradoras, estas se deberían de construir dentro de las delegaciones de gran generación de desechos sólidos, pero por lo general estas delegaciones presentan una gran densidad de población y por lo tanto no existen lugares con las extensiones de terreno apropiadas para la construcción de plantas industrializadoras y/o plantas incineradoras; por lo que concluimos que estas se pueden construir al sur del D.F., en las delegaciones de Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpen, Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac, por ser estas zonas en donde existen áreas disponibles para la construcción de dichas plantas.

- Como última conclusión se tiene lo siguiente:

Tomando en cuenta el aspecto económico, por el que atraviesa el país, nuestro que no hay recursos económicos para solventar el gasto excesivo que implicaría instalar incineradores, se concluyó que es preferible por el momento instalar re-

lLENOS sanitarios, en vez de plantas incineradoras, ya que con el gasto que implicaría instalar un incinerador con una capacidad de 1,000 ton/día se podrían instalar 3 plantas industrializadoras con selección de subproductos con una capacidad de --- 3,000 ton/día cada una, o bien se podrían instalar 6 rellenos sanitarios con una capacidad de 1,000 ton/día cada uno.

- RECOMENDACIONES:

a) Se recomienda hacer una separación de los desechos sólidos en su lugar de origen, ya sea en las casas habitación, centros comerciales, hospitales, fábricas, etc., ya sea en recipientes o bolsas de diferentes colores, para depositar en cada uno de ellos los diferentes tipos de basura, por ejemplo:

- 1.- En una bolsa o recipiente verde depositar los desechos orgánicos.
- 2.- En una bolsa o recipiente amarillo depositar los desechos reciclables.
- 3.- En una bolsa o recipiente rojo depositar los desechos combustibles (no reciclables).
- 4.- Y en una bolsa o recipiente blanco depositar los desechos no combustibles ni reciclables.

b) Se recomienda que se tengan vehículos de recolección de diferentes colores, de acuerdo a los colores de los recipientes o bolsas de almacenamiento, los cuales se mencionaron en el inciso a), con lo cual se podría hacer lo siguiente:

- 1.- Los vehículos verdes y amarillos recogerían los desechos -

orgánicos y reciclables de las bolsas o recipientes verdes y amarillos respectivamente, estos vehículos irían directamente a las 3 plantas de tratamiento y selección de subproductos.

- 2.- Los vehículos rojos recogerían los desechos combustibles (no reciclables), contenidos en las bolsas o recipientes de color rojo, y de esta forma transportarlos directamente a las 3 plantas incineradoras.
- 3.- Los vehículos blancos recogerían de los centros de generación, los desechos no combustibles ni reciclables contenidos en las bolsas o recipientes blancos, estos vehículos transportarían estos desechos directamente a los 3 rellenos sanitarios ya existentes.

Con estas recomendaciones se lograría un manejo de los desechos sólidos más eficiente.

A P E N D I C E

APENDICE I

PROBLEMAS DE INCINERADORES Y COMO PREVENIRLOS

Las figuras No. 1 y 2 muestran el diagrama de flujo del proceso de una planta incineradora de Anhídrido Ftálico -- (A. F.). Ocurrió una explosión en la sección de intercambio de calor de este incinerador.

La explosión se centro en el ducto de trabajo entre el intercambiador de calor vertical y el intercambiador de calor horizontal de flujo cruzado. El fondo del intercambiador vertical y la tubería de trabajo estaban aislados en su interior. La explosión rompió algo del ducto de trabajo y quemó -- parte del aislante interno. La pregunta es: ¿Cuál fue el error aquí?.

Este incinerador había sido instalado un año antes, -- reemplazando la vieja unidad. Se cree que hubo una sobre carga de A. F. en el área donde este aislante fue instalado así es -- que eventualmente penetro en el aislante y se tuvo un clásico -- fuego de A. F.--aislante.

El remplazo del aceite de transferencia de calor no fue compatible con el material viejo. Esto resulto en una cantidad inusual de lodo el cual dificulto la transferencia de calor para temperaturas más altas en el ducto de descarga de los condensadores. La condensación de A. F. sobre la línea entre -- los condensadores y el incinerador fue excesivo. Esto causo -- ocasionalmente que piezas sólidas consiguieran entrar en la --

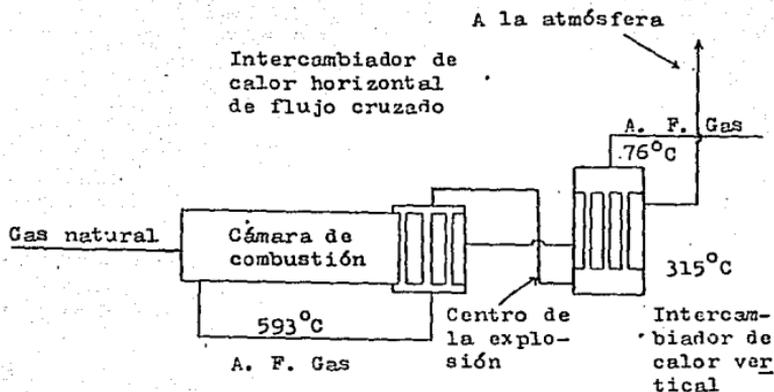


Fig. No. 1 Diagrama de Flujo del Incinerador de A. F.

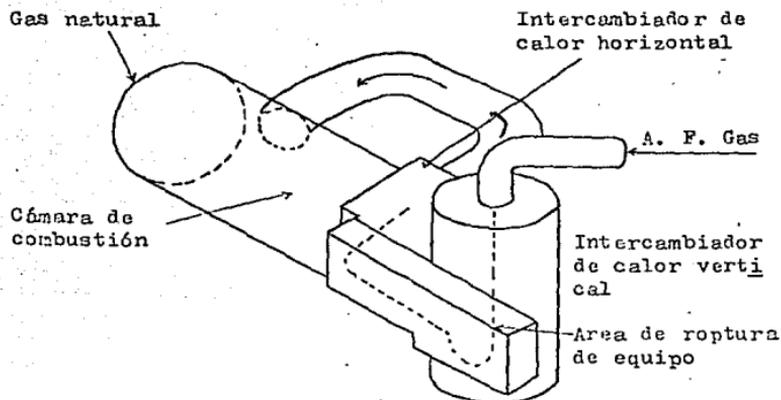


Fig. No. 2 Incinerador de Anhídrido Ftélico (A. F.)

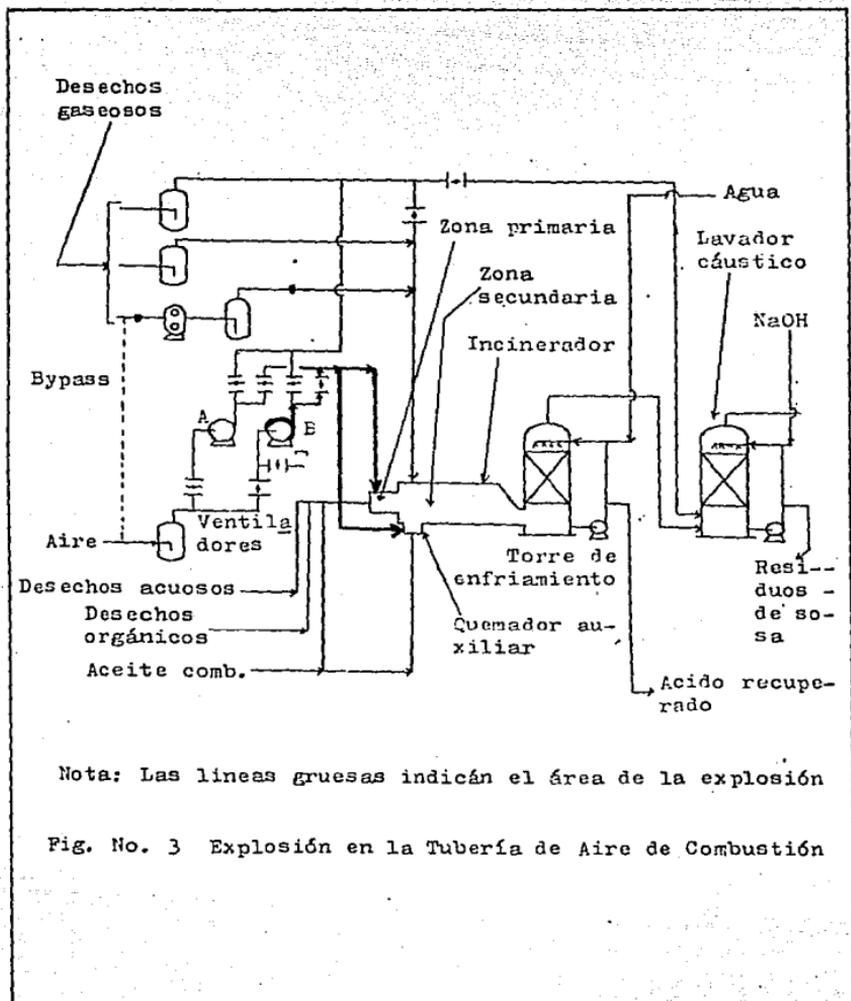
sección de intercambio de calor. Esto manifesto calentamiento-accidental de los remaches del incinerador. Aparentemente una-cantidad suficiente consiguio entrar en la sección de intercam-bio de calor resultando en una ligera explosión.

Como resultado de este evento, se hicieron varios cambios:

- 1.- Fue cambiado el aislante absorbente por otro no absorbente en el fondo del intercambiador de calor.
- 2.- La tubería fue remplazada por tubería de acero inoxidable-con aislante externo.
- 3.- En donde ocurrio la explosión fue provisto por un ducto de trabajo y equipo de intercambio de calor.
- 4.- El sistema de intercambio de calor de los condensadores -- fue mejorado para disminuir la temperatura de condensación
- 5.- Se hicieron mejoramientos en la línea de vapor, enchaqueta-miento y aislación se hicieron en la línea para prevenir - condensación excesiva de A. F. en la línea entre los con-densadores e intercambiadores de calor.

En la figura No. 3 se muestra un sistema de incinera-ción de multiusos de sustancias químicas que da servicio a una planta que produce intermediarios orgánicos. Es usado para des-truir varios tipos de desechos líquidos y vapores generados -- por la planta. Esta unidad es esencial para la operación del-resto de la planta puesto que la provee de la principal dispo-sición para un número de materiales tóxicos y mal olorosos los cuales no pueden ser descargados.

Después de que la planta habia estado en operación - por varios meses, ocurrio una explosión en uno de los soplado-res de aire de combustión asociado a la tubería de descarga. -



El soplador se rompió por la fuerza de la explosión y la línea de aire de combustión del quemador auxiliar fue destruido, ver figura No. 3. La explosión ocurrió después del arranque del incinerador el cual había estado bajo mantenimiento debido a un incendio.

Una investigación de esta explosión indicó que había resultado del paso de combustible mezcla vapor-aire a través del ventilador, y la línea de aire de combustión. Esta fuente de ignición pudo haber sido el incinerador mismo o el soplador en cualquiera de los dos casos, la explosión resultó de altas concentraciones de inflamables en el aire de combustión. Para minimizar lo ocurrido se tomaron una serie de medidas entre estas estuvieron:

- 1.- El segundo soplador es arrancado y usado para sustituir -- purga y durante el ciclo de re arranque del aire de combustión.
- 2.- El soplador que había estado suministrando aire de combustión, continuó para mantener el flujo de aire, pero ahora descarga hacia el lavador cáustico.
- 3.- Ambos sopladores de aire de combustión están operando todo el tiempo.
- 4.- Fue instituido un programa sistemático de monitoreo para revisar periódicamente las concentraciones peligrosas de inflamables en la corriente de aire.

APENDICE 2

INCINERADOR DE LECHO CIRCULANTE DE DESECHOS PELIGROSOS

El incinerador de lecho circulante es un tipo de incinerador avanzado con un diseño simple y efectivo, ver figura No. 1.

Este nuevo incinerador usa aire a alta velocidad y - circulación de sólidos para crear una zona de combustión con - alta turbulencia. Los sólidos son metidos y llevados a lo largo y ancho de la sección de combustión. Los sólidos son separados de los gases de salida por un separador ciclónico y retornados al horno. Las temperaturas son uniformes dentro de 30°C -- por todo el circuito. Esta temperatura uniforme y la alta turbulencia de sólidos evitan la escoria de cenizas encontrada en otros tipos de incineradores. Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y CO están bien controlados por una buena mezcla, - relativamente bajas temperaturas (790 a 870°C).

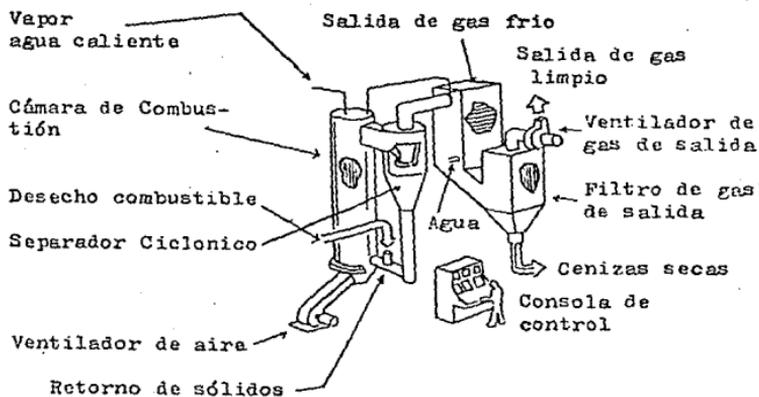
El control de la contaminación involucra: eficiencia de combustión/destrucción de los principales constituyentes de orgánicos peligrosos (de CHOP); eficiencia de retención de halógenos, fosfatos y azufre; y colección de partículas.

El efluente del incinerador de lecho circulante consiste de cenizas secas y estables.

La alta eficiencia de combustión y buena transferencia de calor en el incinerador de lecho circulante permite recuperar calor de combustibles y desechos de bajo grado.

Todos los incineradores son requeridos para destruir desechos industriales muy eficientemente y para operar con ba-

Fig. No. 1 Incinerador de Lecho Circulante para producir Vapor a partir de Desechos



las emisiones de gases ácidos y partículas. Varios diseños básicos de incineradores convencionales reúnen este criterio, incluyendo los incineradores de horno rotatorio y de lecho fluidizado burbujeante. Cada uno tiene características inherentes que conducen a una variación significativa en capital y costos de operación, también como en el rango de desechos que pueden ser procesados.

La tabla No. 1 compara las diferencias importantes -- entre los incineradores de horno rotatorio, lecho fluidizado burbujeante y lecho circulante. Ver figuras No. 2 y 3. Estas tres tecnologías son capaces de incinerar mezclas de líquidos, lodos y sólidos.

El incinerador de lecho circulante opera limpiamente eficientemente y económicamente. Su diseño simple usando alta turbulencia en la zona de reacción para eliminar post-quemadores, lavadores y multialimentadores. Incluye los siguientes beneficios:

- Eficiencia de combustión mayor a 99.999%
- Captura de FCL mayor a 95%
- No lavadores o producción de lodos húmedos
- No post-quemadores o combustible auxiliar
- Reducción de volumen de desechos de 40:1
- Único punto de alimentación
- Emisiones de NO_x y SO menores a 100 ppm.

TABLA No. 1

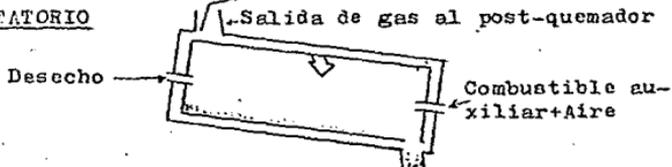
INGENIERO-BER DA LECHO CIRCULANTE VS. INCINERADOR CONVENCIONAL

CONCEPTO	LECHO CIRCULANTE	LECHO FUREURANTE	HORNO ROTATORIO
CAPITAL	\$	\$+Lavador de gas +extra alimenta- dores	\$\$(doble) +lavador de gases +Post-quema- dor
OPERACION	\$	\$+Más mantenimien- to de alimenta- dor +Culiza +Lavado	\$\$+Combustible auxiliar +Mantenimien- to al horno +Lavado
CONTRATO DE MANTENIMIE- NTO			
TIPO DE MANTENIMIE- NTO	Mínima Bajo	Alta Alta	Alta Alta
EFICIENCIA	Ceniza seca	Ceniza húmeda	Ceniza húmeda
CANTIDAD DE LA UNIDAD	Pequeña	2 veces más grande	4 veces más grande
PROBLEMÁTICA TÉCNICA OPERATIVA MANTENIMIE- NTO	Mayor de 75 Mayor de 98 Mínima	Menor de 75 Menor de 90 Alta	Menor de 70 — Alta

Source: Chemical Engineering Progress, March 1985
 Circulating Bed Incineration of Hazardous Waste.
 William S. Hickman, GA Technologies Inc., San Diego
 1985, pp. 34-37.

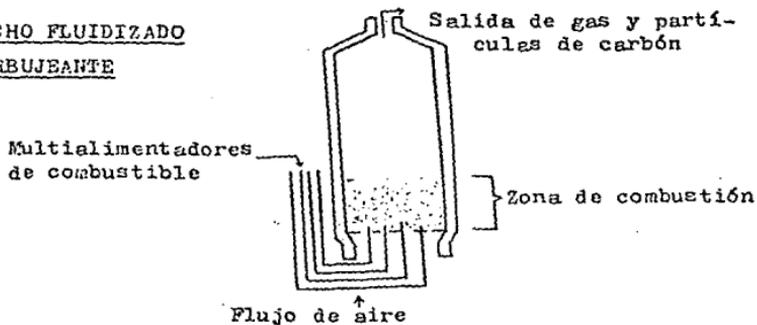
Fig. No. 2 Comparación Interna de tres Tipos de Incineradores

HORNO ROTATORIO



LECHO FLUIDIZADO

BURBUJEANTE



LECHO CIRCULANTE

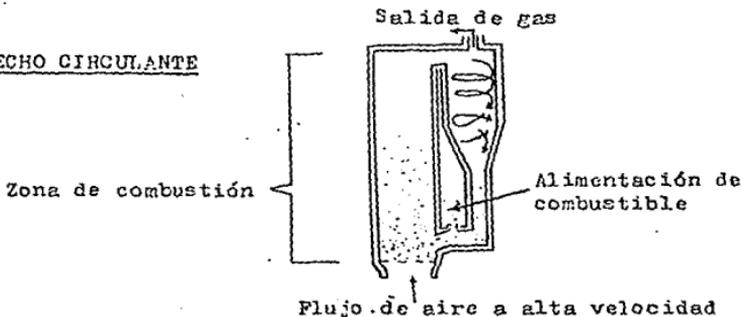
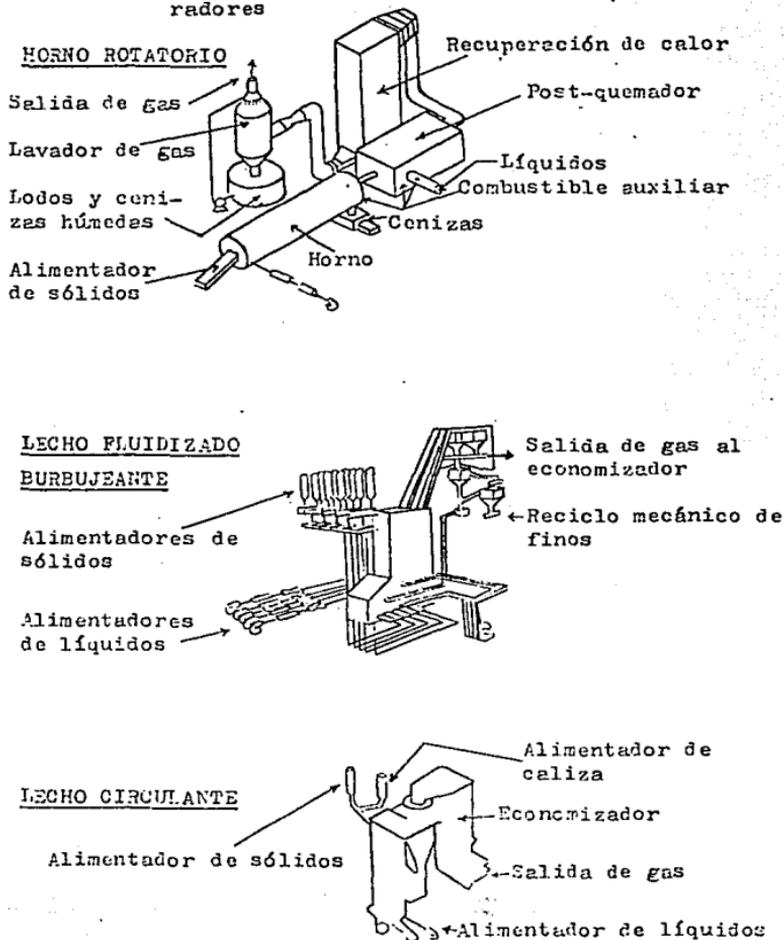


Fig. No. 3 Comparación Externa de tres Tipos de Incineradores



BIBLIOGRAFIA

1. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. Cuadernos de -- Ecotecnología. "5. Desechos Sólidos: La Basura". Instituto- SEDUE. 1985.
2. Secretaria General de Obras. Dirección General de Servicios "Programa Maestro de Desechos Sólidos". D.D.F. 1984.
3. Instituto Nacional de Administración Pública. "Manejo de -- los Desechos Sólidos: El Caso Del D.F.". D.D.F. 1988.
4. Ing. José Juan Morales Reyes. "Reciclaje de Desechos Indus- triales para el D.F.". Dirección de Desechos Sólidos. Secre- taria General de Obras. D.D.F. Mayo 1988.
5. Ing. Arturo Davila Villarreal. "Análisis y Evaluaciones de- Tecnología y Métodos de Recolección de Residuos Sólidos Mu- nicipales y su Integración con los Centros Urbanos del --- D.D.F.". SEDUE. D.D.F. Diciembre 1984.
6. Dirección de Desechos Sólidos. "Estructura Organizacional - del Servicio de Limpia en la Ciudad de México". Dirección - General de Servicios Urbanos. Secretaria General de Obras. - D.L.F. Noviembre 1987.
7. Ing. Patricia Riosvelasco Fernandez. "Concertación del Go- bierno de la Ciudad de México con los Grupos de Fepenedo---

res". Dirección de Desechos Sólidos. Dirección General de - Servicios Urbanos. D.D.F. Noviembre 1987.

8. Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica. "Información de Desechos Sólidos por Delegación". --- D.D.F. Febrero 1986.
9. Secretaria General de Desarrollo Urbano y Ecología. "Manejo y Control del Sistema Generador-Receptor de Residuos Sólidos en las Unidades Urbanas del D.F. (Disposición Final)" Diseño Ingeniería y Planeación S.A. de C.V. 1984.
10. Kleenair Products, Co. "A Continuous Method for Pyrolyzing Tires into Gas, Oil and Carbon Black". Chemical Engineering. Septiembre 16. 1985. pag. 11.
11. Franz Posey and Al Palko. "A Simplified Process Recovers - Silver from Liquid Photographic Wastes". Chemical Engineering. Septiembre 20. 1982. pag. 19.
12. Shangtian Yang. "Methanol from Citrus Fruit". Chemical Engineering. Julio 9. 1984. pag. 36.
13. J. R. Simplot Co. "Alcohol-From-Potato-Peels Production -- has Begun in Heyburn, Idaho". Chemical Engineering. Septiembre 3. 1984. pag. 14.
14. Petro Recovery Systems, Inc. "Highly Automated Plastic-Bottle Recycling is Being Demonstrated at a New Plant". Chemi-

- cal Engineering. Abril 2. 1984. pag. 17.
15. MANOIL Ltd. Co. "British Developers of Technology to Produce Oil from Garbage". Chemical Engineering. Enero 6. 1986. pag. 11.
 16. West German Petrochemical Producer Union Rhinische Braunkohle Kraftstoff. "A Gasoil-like Product is Made from Synthetic Organic Waste". Chemical Engineering. Mayo 11. 1987 pag. 12.
 17. Battelle Pacific Northwest Laboratories. "A Process for -- Converting Wet Organic Wastes into Medium-Btu Gas". Chemical Engineering. Abril 25. 1988. pag. 17.
 18. Tsukishima Kikai Co. "A New Fluidized-Bed Gasifier to Recover Now-Lost Energy from Plastic Wastes". Chemical Engineering. Octubre 5. 1981. pag. 37.
 19. Nicholas Basta, David Vagi. PINN Contributors: Shota Ushio David Hunter, Eric Johnson. "Waste. An Ounce Of Prevention" Chemical Engineering. Agosto 15. 1988. pags. 34-37.
 20. Calvin R. Brunner. "Incineration. Today's Hot Option for Waste Disposal". Chemical Engineering. Octubre 12. 1987. - pags. 96-106.
 21. Boll, F. W.; Doedens, H.; Hebbelmann, H; Schlueter, U.; Weber, E. "Consequences of Active Landfill Degassing on the-

- Posible Recultivation of Disposal Sites". Chemical Abstracts. 1988. 108:209610s.
22. Schoppmeier, Wilfried. "Disposal and Recycling of Solid - Incineration Residues from Residential Waste Incineration" Chemical Abstracts. 1988. 108:209611t.
23. Kumar, Surendra. "Urban Solid Waste and its Disposal". -- Chemical Abstracts. 1988. 109:27015q.
24. Wiemer, K. "New Concepts for Recycling of the Organic Fraction of Wastes". Chemical Abstracts. 1988. 109:9816v.
25. Alfredo F. David Gidi. "Estudio de los Problemas que Presentan los Desechos Sólidos en la Ciudad de Torreón Coahuila". Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Regional de la Laguna. Torreón Coah. 1976.
26. José Antonio Turque Lozano. "Análisis y Aplicación del -- Proceso de Industrialización de los Desechos Sólidos en el Área Metropolitana". Tesis Profesional. Universidad Nuevo-Mundo. México D.F. 1987.
27. José Valentin Rodríguez Gutierrez. "Diseño y Evaluación de Incineradores de Desechos Sólidos". Tesis Profesional. --- Univ. México D.F. 1987.
28. Luis Alberto Martínez Limón. "Proyecto para el Manejo de Desechos Sólidos en la Ciudad de Tijuana B. C.". Tesis Profesional

cional. UNAM. México D.F. 1974.

29. Francisco Romero Luna. "Estudio Sobre el Aprovechamiento - de los Residuos Sólidos del Distrito Federal como Combustible". Tesis Profesional. UNAM. México D.F. 1975.
30. Carlos Rivas Fuentes. "Disposición de Desechos Sólidos por el Método de Relleno Sanitario". Tesis Profesional. UNAM.- México D.F. 1979.
31. Juan Antonio Mendoza G. "Contaminación por Desechos Sólidos en el D.F.". Tesis Profesional. IPN. México D.F. 1983.
32. SEDUE. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. Subsecretaria de Ecología. "Manual de Rellenos Sanitarios". Dirección General de Contaminación Ambiental. 1985.
33. William S. Rickman, Nadine D. Holder, and Derrell T. Young "Circulating Bed Incineration of Hazardous Wastes". CEP Marzo 1985. págs. 34-38.
34. D. F. Ready and R. F. Schwab. "Incinerator Problems & How to Prevent Them". CEP Octubre 1980. págs. 52-57.